

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Казанский государственный аграрный университет

Кафедра тракторы, автомобили и энергетические установки

Испытания автомобилей и тракторов

Часть II – Испытания автомобилей

Учебно- методическое пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Казань, 2018

УДК 629.113
ББК 39.3

Составители: К.А.Хафизов, профессор кафедры ТАиЭУ
Р.Н.Хафизов, доцент кафедры ТАиЭУ
А.А.Нурмиев, ст. преподаватель кафедры ТАиЭУ
С.А. Синицкий, доцент кафедры ТАиЭУ

Рецензенты: доцент кафедры дорожно-строительных машин ФГБОУ ВО КазГАСУ, к.т.н. М.М. Земдыханов;

доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин Казанского ГАУ, к.т.н. Р.Р.Шайхутдинов.

Печатается по решению методической комиссии Казанского ГАУ (протокол №2 от 26.10.2018 г), ИМ и ТС (протокол №2 от 26.10.2018 г), кафедры тракторы, автомобили и энергетические установки (протокол №2 от 22.10.2018 г.).

Испытания автомобилей и тракторов: Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»/ К.А.Хафизов, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, С.А.Синицкий. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. – 92 с.

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», способствует формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Содержат сведения для выполнения лабораторных работ по испытанию автомобилей и тракторов, а также задания для самостоятельной работы.

УДК 629.113
ББК 39.3

© Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
ВИДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ	7
Лабораторная работа №1. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ	17
Лабораторная работа №2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОГО, СТАТИЧЕСКОГО, ДИНАМИЧЕСКОГО РАДИУСОВ КОЛЕСА.....	29
Лабораторная работа №3. ОЦЕНКА СВОЙСТВ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ.....	32
Лабораторная работа №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЯ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ.....	36
Лабораторная работа №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЁВРЕННОСТИ.....	40
Лабораторная работа №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ НА РУЛЕВОМ КОЛЕСЕ.....	45
Лабораторная работа №7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ЦЕНТРА МАСС АВТОМОБИЛЯ.....	49
Лабораторная работа №8. ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ТОРМОЗНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	53
Лабораторная работа №9. ОЦЕНКА ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ.....	65
Лабораторная работа №10. ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....	71
Лабораторная работа №11. ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....	82
ЛИТЕРАТУРА.....	91

ВВЕДЕНИЕ

При создании новых и модернизации старых конструкций автомобилей и тракторов большое значение имеют их испытания, по результатам которых находят технико-экономические показатели работы, соответствие требованиям стандартов, техническим условиям и нормам. При испытаниях определяют тягово-скоростные свойства, топливную экономичность, управляемость и устойчивость, показатели колебаний, вибраций и шумности, тормозные характеристики, параметры проходимости, надежности автомобилей, тракторов и их узлов.

Развитие методов испытаний связано с совершенствованием измерительной и регистрирующей аппаратуры, устройств, предназначенных для обработки опытных данных, и созданием необходимых режимов исследований. Современные информационно-измерительные системы позволяют эффективно проводить исследования рабочих процессов автомобилей и тракторов в дорожных и лабораторных условиях.

Стандарты и нормы на методы и условия проведения стендовых, полигонных и эксплуатационных испытаний широко используются при организации и планировании испытаний. При составлении программ испытаний устанавливают необходимое число образцов, режимы, длительность пробегов и работы под нагрузкой, число циклов нагрузок, дорожные и климатические условия.

Большое значение имеют форсированные испытания на стендах и на дорогах автомобильных и тракторных полигонов, в которых значительно сокращены сроки выполнения исследований. На стендах автомобили и тракторы, их узлы и детали подвергают различным видам нагружения, по уровням и числу циклов соответствующим эксплуатационным. Все большее внимание уделяют автоматизации работ.

Электронные автоматические устройства применяют для реализации программ нагрузочных режимов на стендах и при обработке полученных данных. С помощью ЭВМ, частотных анализаторов, корреляторов, а также различных специальных устройств можно ускорить обработку результатов испытаний, а кроме того, получить спектральные плотности процессов, корреляционные и другие функции.

Основной целью лабораторных занятий является ознакомление с методикой проведения лабораторных, полевых, дорожных и стендовых испытаний автомобилей (тракторов) и их агрегатов. В процессе выполнения лабораторных занятий должны формироваться общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Учебным планом дисциплины «Испытание автомобилей и тракторов» предусмотрено 82 часа лабораторных занятий.

Лабораторные занятия способствуют приобретению студентами:

Знаний:

методы и способы самостоятельно или в составе группы осуществлять испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и методы получения нового знания при проведении испытаний;

роль и место испытаний в процессе проектирования и доводки автомобилей, тракторов и комплексов на их базе; методы испытаний; методы обработки результатов испытаний;

методику и способы проведения испытаний автомобилей и тракторов.

Умений:

организовывать испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и методы получения нового знания при проведении испытаний;

планировать проведение экспериментальных работ; готовить автомобили, тракторы и комплексы к проведению испытаний; пользоваться современной аппаратурой, стендами и научным оборудованием для проведения испытаний и обработки результатов;

проводить испытаний автомобилей и тракторов.

Навыков:

организации испытания автомобилей и тракторов, реализуя специальные средства и получения нового знания при проведении испытаний;

планирования эксперимента; техникой подготовки и проведения испытаний и экспериментальных исследований автомобилей и тракторов;

Порядок проведения испытаний соответствует существующим стандартам и рекомендациям учебных пособий:

Тракторы часть 4: Испытания.: учеб. пособие / С. М. Белов, А. С. Солонский. - Минск : Высшэйшая школа, 1986 - 182 с. : ил.;

Беляев В.П. Испытания автомобилей : учебное пособие. / В.П. Беляев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ , 2013. – 293 с

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Испытания – экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик объекта испытаний, полученных в результате воздействия на него различных факторов в определённых условиях.

Важнейшим признаком любых испытаний является принятие на основе их результатов определенных решений. Другим признаком испытаний является задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимается совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта.

Определение характеристик объекта при испытаниях может производиться как при его функционировании, так без функционирования, при воздействии на него различных факторов, до и после их приложения.

Условия испытаний – совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях.

К условиям испытаний относятся внешние воздействующие факторы, как естественные, так и искусственно создаваемые, а также внутренние воздействия, вызываемые функционированием объекта (например, нагрев, вызываемый трением или прохождением электрического тока), и режимы функционирования объекта, способы и место его установки, монтажа, крепления, скорость перемещения и т.п.

Нормальные условия испытаний – условия испытаний, установленные нормативно-технической документацией на данный вид продукции.

Объект испытаний – продукция, подвергаемая испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам его испытаний принимается то или другое решение по этому объекту: о его годности или браке, возможности предъявления на следующие испытания, возможности серийного выпуска и т.д.

Метод испытаний – правила применения определенных принципов и средств испытаний.

Программа испытаний – организационно-методический документ, обязательный к выполнению, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

Методика испытаний – организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий в себя метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Средство испытаний – техническое устройство (вещество) и (или) материал для проведения испытаний. Понятием «средство испытаний» охватываются любые технические средства, применяемые при испытаниях. Сюда относится прежде всего испытательное оборудование, под которым

понимаются средства воспроизведения условий испытаний. В средства испытаний включаются средства измерений, как встроенные в испытательное оборудование, так и применяемые при испытаниях для измерений тех или иных характеристик объекта или контроля условий испытаний. К средствам испытаний следует также относить вспомогательные технические устройства регистрации и обработки результатов.

Испытательное оборудование – средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

Точность результатов испытаний – свойство испытаний, характеризуемое близостью результатов испытаний к действительным значениям характеристик объекта, в определенных условиях испытаний.

Протокол испытаний – документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

Испытательное подразделение – подразделение организации, на которое руководством последней возложено проведение испытаний для своих нужд.

1 ВИДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Виды испытаний автомобилей и тракторов

Испытания автомобилей и тракторов (АТ) различаются по испытываемым объектам, назначению, способам проведения и т. д. (ГОСТ 16504—74 «Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения», ГОСТ-25836-83 «Тракторы. Виды и программы испытаний»).

Производят испытания опытных и макетных образцов новых или модернизированных автомобилей, тракторов и их модификаций, образцов установочной серии новых моделей, базовых моделей или модификаций, автомобилей и тракторов текущего производства и прошедших капитальный ремонт.

Опытные и макетные образцы автомобилей, тракторов и их модификаций подвергают доводочным, предварительным и приемочным испытаниям. Автомобили и тракторы текущего производства проходят контрольные, ресурсные, приемо-сдаточные и аттестационные испытания, а также испытания на надежность. Образцы всех автомобилей на любом этапе их разработки и производства могут проходить определительные, эксплуатационные, исследовательские и специальные испытания.

По методам, условиям и месту проведения испытания можно разделить на стендовые (лабораторные), полигонные с использованием разных видов дорог, бассейнов, ванн, подъемов, неровностей и т. д., дорожные с регламентацией качества дорог общего пользования, эксплуатационные в экспериментально-производственных и опорных автомобильных хозяйствах и испытания в северных, высокогорных и других особых условиях.

Таблица 1 – Систематизация видов испытаний АТ по основным признакам

Признак вида испытаний	Вид испытаний
Назначение испытаний	Исследовательские Контрольные Сравнительные Определительные
Уровень проведения испытаний	Государственные Межведомственные Ведомственные
Этапы разработки продукции	Доводочные Предварительные Приемочные
Испытания готовой продукции	Квалификационные Предъявительские Приемо-сдаточные Периодические Инспекционные Типовые Аттестационные Сертификационные
Условия и место проведения испытаний	Лабораторные Стендовые Полигонные Натурные Испытания с использованием моделей Эксплуатационные
Продолжительность испытаний	Нормальные Ускоренные Сокращенные
Вид воздействия	Механические Климатические Термические Радиационные Электрические Электромагнитные Магнитные Химические Биологические
Результат воздействия	Неразрушающие Разрушающие Испытания на стойкость Испытания на прочность Испытания на устойчивость
Определяемые характеристики объекта	Функциональные Испытания на надежность Испытания на безопасность Испытания на транспортабельность Граничные испытания Технологические испытания

По продолжительности проведения испытания разделяют на нормальные и ускоренные. Нормальные испытания — это испытания автомобиля, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации в такой же срок, как и в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации. При ускоренных испытаниях необходимую информацию получают в более короткий срок.

Ускоренные испытания по степени интенсификации разделяют на форсированные и сокращенные соответственно с интенсификацией и без интенсификации процессов, вызывающих отказы или повреждения. Форсированные испытания проводят при увеличенных нагрузках (температурах, давлениях, скоростях и т. д.). При сокращенных испытаниях результаты обрабатывают с использованием методов экстраполяции и т. п.

По оцениваемым эксплуатационно-техническим свойствам различают испытания на тягово-скоростные качества, топливную экономичность, тормозные качества, управляемость и устойчивость, плавность хода, проходимость, шум и вибрацию, эргономические качества и обитаемость, надежность, пассивную безопасность и др.

Доводочные испытания проводят в процессе разработки опытных образцов для оценки влияния вносимых в них изменений с целью достижения требуемых показателей качества.

Предварительные испытания — контрольные испытания опытных образцов автомобилей и тракторов, проводимые для определения возможности их предъявления на приемочные испытания.

Приемочные испытания — контрольные испытания опытных образцов автомобилей и тракторов, проводимые соответственно для решения вопроса о целесообразности постановки на производство модели или передачи ее в эксплуатацию.

Приемочные испытания проводят по программе, при составлении которой учитывают типовые методики приемочных испытаний отдельных видов автомобилей и тракторов, действующие в стране. Во время приемочных испытаний проверяют соответствие представленных образцов техническому заданию, проектной документации, стандартам и другим нормативным документам, отечественным и международным нормам безопасности и токсичности, требованиям поставки экспортным организациям; оценивают технический уровень новой модели по конструкции и эксплуатационно-техническим свойствам; предварительно определяют надежность и необходимый объем конструктивной доработки опытных образцов.

Приемочные испытания могут быть ведомственными, межведомственными и государственными.

При испытаниях образцов установочной серии оценивают эффективность работ по устранению выявленных в процессе приемочных испытаний недостатков, осуществляют контроль качества изделий, поставляемых смежными производствами.

Периодические контрольные испытания серийных образцов могут быть

краткими и длительными. После испытаний дают заключение о качестве изготовленного автомобиля или трактора, соответствии его техническим условиям, эффективности проведенных предприятием изготовителем мероприятий по улучшению конструкции. При длительных контрольных испытаниях, кроме того, проверяют надежность работы автомобиля в целом, его агрегатов, узлов и деталей в пределах гарантийного пробега.

Испытания на надежность проводят для определения или оценки показателей надежности работы в заданных эксплуатационных условиях.

Ресурсные испытания — испытания на долговечность, проводимые для определения технического ресурса автомобиля (трактора) или подтверждения назначенного ресурса. В процессе испытаний определяют предусмотренные ГОСТ 13377—75 показатели долговечности, такие, как пробеги автомобиля в заданных дорожно-климатических и эксплуатационных условиях до первого капитального ремонта, между капитальными ремонтами, общий до списания, продолжительность работы отдельных агрегатов и систем автомобиля до наступления предельного состояния и др. Подтверждение назначенного ресурса автомобиля, его агрегатов и систем дают на основании пробеговых испытаний (установленных инструкцией) в условиях эксплуатации. Ресурсные испытания проводят на автомобильном полигоне, или на дорогах общего пользования, а также в автохозяйствах при перевозке грузов. Во время испытаний периодически проводят проверку технического состояния автомобиля.

Приемо-сдаточные испытания автомобилей и тракторов текущего производства проводятся для определения соответствия их технической документации.

Аттестационные испытания предназначены для оценки уровня качества продукции при ее аттестации. Эти испытания периодически повторяют в объеме и по показателям, установленным инструкцией о порядке и методике их проведения.

Задачей определительных испытаний является установление значений конструктивных и эксплуатационно-технических параметров автомобилей и тракторов с заданными значениями точности и достоверной вероятности.

Испытания называют оценочными, если при оценке качества не требуется определение значений параметров и показателей с заданными значениями точности и достоверной вероятности.

При эксплуатационных испытаниях дают оценку возможности работы автомобиля и трактора в условиях эксплуатации (в различных климатических, дорожных и полевых условиях), собирают данные по надежности, уточняют параметры, необходимые для нормирования расхода горюче-смазочных материалов, периодичности технического обслуживания потребности в запасных частях и шинах.

Исследовательские испытания проводят для изучения рабочих процессов механизмов, агрегатов и систем, эксплуатационно-технических свойств, нагрузочных, тепловых и скоростных режимов работы агрегатов автомобиля и трактора, и т. д. По полученным результатам проверяют правильность

теоретических расчетов и исследований, намечают пути совершенствования и развития конструкций, обосновывают оптимальные решения при создании новых образцов и модернизации автомобилей и тракторов.

Во время специальных испытаний проверяют, соответствует ли автомобиль или трактор специфическим требованиям: выявляют способность работать в особых условиях (в северных районах, в условиях жаркого и сухого климата, в высокогорных районах), определяют пригодность к перевозке специальных грузов и т. п.

1.2 Условия проведения испытаний

Программу проведения испытаний составляют в соответствии с их задачами. Несмотря на различие испытаний, программы их проведения должны отражать содержание и объем всех этапов, и последовательность их выполнения, общие условия и особенности условий на каждом этапе, методику испытаний на каждом этапе, содержащую способы решения поставленных задач с учетом технических возможностей. В каждой программе должны быть указаны перечень аппаратуры и оборудования, необходимых для проведения работ, данные о техническом персонале для проведения испытаний с распределением обязанностей и график проведения работ.

Многие виды испытаний стандартизованы и программы их выполнения определены государственными и отраслевыми стандартами и нормами.

При разработке программы следует использовать методы планирования эксперимента, которые позволяют с наименьшими затратами времени и средств получать необходимые результаты.

Основу любой программы испытаний составляют следующие виды работ: подготовка и проверка качества изготовления и сборки автомобиля; определение масс и размеров, эксплуатационно-технических свойств автомобиля, тепловых режимов двигателя и агрегатов шасси, нагрузочных режимов агрегатов и напряжений в деталях; исследование вибрации и шумности.

Объем и, следовательно, трудоемкость испытаний определяются количественными показателями: числом исследуемых параметров с учетом их сложности, числом опытов, массой автомобиля или трактора, скоростными режимами, длительностью пробега и т. д. Кроме того, при отдельных видах испытаний автомобиль (трактор) может работать на различных сортах топлива и смазки и в разных эксплуатационных состояниях (привод передних ведущих колес включен или выключен и др.).

Число исследуемых параметров зависит от вида испытаний. Наибольшее число соответствует доводочным и предварительным испытаниям. При контрольных, периодически повторяющихся испытаниях серийных образцов число определяемых параметров должно быть минимальным. В процессе их проведения определяют показатели тягово-скоростных и тормозных свойств, топливной экономичности, а при длительных испытаниях — также износа деталей. В программу эксплуатационных испытаний входит определение

тормозных свойств, расхода топлива, надежности, удобства обслуживания и ремонта и нагрузочных режимов работы агрегатов и деталей.

При контрольных испытаниях могут быть проведены два опыта (если не наблюдается значительного рассеивания результатов). При приемочных испытаниях число опытов должно быть не менее четырех.

В зависимости от вида испытаний выбирают массу автомобиля. Например, контрольные испытания проводят при полной массе, приемочные — без груза и с полной номинальной нагрузкой, доводочные и предварительные — при различных массах, включая (для грузовых автомобилей) прицеп.

Аналогично выбирают числа скоростных режимов и эксплуатационных состояний. Наименьшее число режимов и состояний назначают при контрольных испытаниях.

Подготовка к испытаниям. В процессе подготовки к испытаниям проводят отбор и приемку автомобиля (трактора) и оборудования, а также обкатку нового автомобиля (трактора). Способ отбора автомобиля (трактора) зависит от вида испытаний. Для контрольных испытаний нельзя отбирать лучшие образцы, устранять производственные дефекты, проводить дополнительные регулировки и другие мероприятия, влияющие на оценку качества изготовленного автомобиля.

При выборе образцов для приемочных или ресурсных испытаний можно устранять случайные дефекты и неполадки и выполнять дополнительные регулировки с целью приведения автомобиля в соответствие с техническими условиями и конструкторской документацией.

При приемке предприятие-изготовитель представляет организации, проводящей испытания, техническую документацию на испытываемый автомобиль (трактор). Техническое состояние автомобиля (трактора) определяют при осмотре, устанавливая исправность автомобиля (трактора) в целом и его отдельных агрегатов с помощью средств технической диагностики. При осмотре автомобиля (трактора) определяют его комплектность, выявляют повреждения и недоброкачество изготовления деталей, а также дефекты поверхностных покрытий и сварных швов. У автомобилей (тракторов) текущего производства проверяют наличие знаков приемки ОТК и пломб. Наряду с внешним осмотром агрегаты проверяют в действии – прослушивают двигатель, проверяют работу органов управления и т. д. Результаты технического осмотра заносят в журнал испытаний.

Перед испытаниями устраняют дефекты, которые препятствуют нормальной безопасной работе автомобиля и его агрегатов, устанавливают аппаратуру, необходимую для проведения испытаний, или производят подготовительные работы, обеспечивающие ее быструю установку и включение.

Некоторые виды испытаний проводят с эталонными агрегатами, характеристики которых полностью соответствуют техническим условиям и не изменяются в процессе испытаний. Эталонные агрегаты применяют в тех случаях, когда изменение характеристики в процессе работы может отразиться на показателях эксплуатационно-технических свойств автомобиля. К числу

эталонных агрегатов относят карбюратор, топливopодающую аппаратуру дизелей, распределитель и свечи зажигания, агрегаты и узлы тормозных систем и рулевого управления, амортизаторы, шины и др. Эталонные агрегаты перед установкой на автомобиль (трактор) отбирают и обкатывают.

К подготовительным операциям при ресурсных испытаниях относятся первоначальная проверка размеров и маркировка деталей, износ которых предстоит определить, нанесение на поверхности деталей лунок или отпечатков для определения износа методом искусственных баз, активация деталей нанесением радиоактивных веществ при определении темпа износа и т. д. Таким образом, подготовку автомобиля к испытаниям проводят с учетом вида и задач испытаний.

Обкатывают новый автомобиль (трактор) в соответствии с указаниями заводской инструкции по эксплуатации с целью предотвращения повреждений агрегатов и деталей при больших нагрузках и скоростях движения, которые имеют место в отдельных видах испытаний. Испытания с высокими скоростями движения (при определении показателей тягово-скоростных свойств) и большими нагрузками (при испытании на проходимость) рекомендуется проводить после пробега 3...5 тыс. км для автомобилей или 300...500 моточасов наработки для трактора.

Общие условия проведения испытаний. Топливо и смазочные материалы, используемые при испытаниях, должны соответствовать маркам, указанным в инструкции по эксплуатации автомобиля (трактора). Их качество проверяют контрольными анализами.

Техническое обслуживание автомобиля (трактора) в течение всего периода испытаний проводится согласно заводской инструкции по эксплуатации и действующему положению о техническом обслуживании и ремонте. При хранении автомобиля (трактора) в период испытаний должны быть исключены изменение технического состояния, нарушение комплектности и регулировок, не учитываемый ремонт, бесконтрольная заправка топливом, слив топлива и масла и т. д. Условия хранения автомобиля (трактора) определяют программой испытаний.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на стабильность результатов дорожных испытаний. Определять большинство эксплуатационно-технических свойств рекомендуется – в сухую погоду при температуре воздуха 5...25° С. Скорость ветра не должна превышать 3 м/с. Измеренную анемометром скорость ветра и его направление фиксируют в протоколе испытаний.

Тепловые режимы агрегатов автомобиля (трактора) в процессе испытаний контролируют дистанционными термометрами. Тепловой режим двигателя при испытаниях так же, как и других агрегатов, должен быть в пределах, предусмотренных инструкцией по эксплуатации автомобиля (трактора), за исключением специальных экспериментов, проводимых с целью определения влияния теплового режима работы двигателя на КПД, расход топлива и другие показатели. Перед испытаниями по определению показателей

эксплуатационно-технических свойств агрегаты, тепловое состояние которых оказывает влияние на эти свойства, должны быть прогреты при пробеге. Время и условия пробега указывают в методике испытаний.

При проведении испытаний строго обязательно соблюдение мер по обеспечению безопасности испытателей и сохранности автомобиля (трактора), а также установленных на нем измерительных приборов и устройств. Перед испытаниями автомобиль (трактор) тщательно осматривают, проверяют агрегаты, оказывающие влияние на безопасность движения (тормоза, рулевое управление, шины, колеса). Во время выездов на автомобиле (тракторе) может находиться только водитель и испытатель, работающий с измерительной аппаратурой. Вместо пассажиров следует применять балласт, а в некоторых случаях манекены, надежно закрепленные в кузове автомобиля. Водитель и испытатель должны быть в шлемах и пристегнуты ремнями безопасности.

Скоростные испытания автомобилей проводят в дневное время с включенными фарами. При проведении испытаний, связанных с повышенной опасностью, вблизи места испытаний должны находиться пожарный автомобиль с командой, медицинский автомобиль с персоналом и представитель службы безопасности движения.

Условия проведения дорожных испытаний. Выбирают дорожные участки для проведения испытаний в соответствии с их задачами. Дорожные условия указывают в программе испытаний. Лучшие условия проведения испытаний (стабильность дорожных условий, необходимую безопасность и высокое качество испытаний) обеспечивают на полигоне. В нашей стране работает полигон Государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт НАМИ», расположенный недалеко от г. Дмитрова Московской области.

На автополигоне НАМИ имеются следующие дороги:

Скоростная дорога, выполненная в виде кольца и имеющая асфальтобетонное покрытие, уклоны, характерные для автомагистрали среднепересеченной местности, предназначена для длительных скоростных пробеговых испытаний автомобилей.

Бульжная дорога, представляющая собой кольцевую трассу, предназначена для испытаний автомобилей всех типов на долговечность.

Одна *грунтовая* дорога имеет продольный профиль, соответствующий рельефу местности, на ней проводят длительные пробеговые испытания. Другая — предназначена для испытаний полноприводных автомобилей в более тяжелых условиях.

Динамометрическая горизонтальная дорога (прямолинейная в плане) имеет цементобетонное покрытие. Здесь проверяют тягово-скоростные и тормозные свойства и топливную экономичность автомобилей. Дорога имеет на одном конце разворотную петлю, а на другом — круглую горизонтальную площадку, на которой определяют маневренность, управляемость и устойчивость автомобилей.

Комплекс специальных испытательных дорог включает участки с короткими волнами типа «стиральная доска», «бельгийская мостовая», шумосоздающий участок, булыжную мостовую с покрытием специального профиля, булыжную мостовую с ровным замощением и два участка с асфальтобетонным покрытием.

На дороге типа «стиральная доска» определяют влияния резонансных колебаний и вибраций на работу и надежность различных узлов автомобиля, особенно амортизаторов и упругих элементов подвески, а также рулевого управления. На «бельгийской мостовой», воспроизводящей старинные мощные дороги Европы, проводят испытания на усталостную прочность и надежность в условиях сильной тряски и вибраций. При движении по шумосоздающей дороге, полученной специальной укладкой камней в цементобетонное основание, создаются вибрации и шумы подрессоренных и непрессоренных частей и шин автомобиля.

Булыжная дорога с ровным замощением предназначена для испытаний на плавность хода автомобилей всех типов, а специального профиля — грузовых автомобилей всех типов и автомобилей повышенной проходимости с максимальной осевой нагрузкой (до 180 кН). На двух дорогах с асфальтобетонным покрытием проверяют тягово-скоростные и тормозные свойства, управляемость, по ним могут двигаться вспомогательные автомобили с наблюдателями, аппаратурой или с устройствами для дистанционного управления при испытании автомобилей.

В комплекс специальных дорог входит трек со сменными препятствиями, на котором испытывают рамы и несущие системы автомобилей на прочность и долговечность при действующих знакопеременных скручивающих моментах.

Комплекс подъемов малой крутизны предназначен для определения тягово-скоростных свойств автомобилей всех типов, а также для испытаний на долговечность, надежность тормозных систем, трансмиссий и других агрегатов в условиях, имитирующих условия сильно пересеченной местности. В этот комплекс входят подъемы крутизной 4, 6, 8 и 10%. На комплексе подъемов большой крутизны (30, 40, 50 и 60%) определяют максимальные подъемы, преодолеваемые автомобилями, эффективность тормозных систем, работоспособность систем питания и смазки двигателей на уклонах, испытывают лебедки и проводят ряд других экспериментов. Два подъема крутизной 12 и 16% предназначены для проверки эффективности стояночных тормозов автомобилей и автопоездов.

С подъемами объединена в общий испытательный маршрут так называемая «горная дорога» замкнутого контура, состоящая из ряда криволинейных участков с различными радиусами закруглений (20...80 м).

В комплекс для испытаний автомобиля на пассивную безопасность включены разгонная полоса, разворотная и служебная площадки с асфальтобетонным покрытием и железобетонный параллелепипед для испытаний автомобилей на столкновение.

Для разгона автомобиля перед столкновением используют буксирное тросовое устройство.

Дорожно-бункерный комплекс предназначен для испытаний автомобилей-самосвалов путем многократно повторяющихся циклов «погрузка-движение на коротком участке-разгрузка- движение-погрузка».

Глубоководный бассейн максимальной глубиной 1,8 м служит для испытаний автомобилей на преодоление брода; мелководный бассейн максимальной глубиной 20 см предназначен для проверки эффективности работы тормозов автомобиля в увлажненном состоянии, герметичности основания кузова и работы электрооборудования в случае забрызгивания его водой. Грязевая ванна переменной глубины до 50 см со слоем грязи различной консистенции предназначена для имитации тяжелых дорожных условий. Пылевую камеру используют для оценки герметичности кабин, кузовов автомобилей и их агрегатов.

1.3 Технический отчет

После проведения испытаний на основании полученных данных составляют технический отчет. Материалы испытаний оформляют в виде протоколов, актов, журналов, карт измерений, ведомостей, которые при необходимости иллюстрируют фотографиями, схемами, графиками.

Технический отчет содержит введение, технические характеристики объектов испытаний, условия и результаты испытаний, анализ и оценку результатов испытаний и заключение. Во введении указывают цель и вид проведенных испытаний, основание для их проведения (приказ, задание) и организацию, проводившую испытания. При составлении технической характеристики автомобиля следует учитывать вид испытаний. Если модель автомобиля готовят к постановке на производство, то дают ее полную характеристику. При повторяющихся испытаниях находящихся в производстве моделей ограничиваются их краткой технической характеристикой.

В основную часть отчета включают общие условия проведения и выполненный объем испытаний, характеристику примененных приборов и оборудования и результаты испытаний по всем разделам программы. В отчете приводят результаты осмотров, измерений, указывают перечень выявленных при испытаниях недостатков автомобиля с анализом причин и рекомендациями по их устранению. Отчет содержит анализ и оценку результатов испытаний.

По результатам испытаний делают заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний. Например, по результатам предварительных испытаний дают заключение о возможности предъявления опытного образца на приемочные испытания. Оформлять отчет о результатах испытаний следует в соответствии с ГОСТ 7.32-2001, в котором содержатся общие требования к отчету.

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Продолжительность работы 4 часа.

1. Цель работы

Приобретение умений и навыков составления программы и методики испытания автомобилей, тракторов и их агрегатов.

2. Содержание работы

Ознакомиться с рекомендуемым ниже содержанием программы и методики испытания, а также приведенным примером «Методики испытания заднего моста автомобиля КАМАЗ-55111». Составить программу и методику испытания агрегата автомобиля или трактора (по указанию преподавателя). Написать отчет о выполненной работе и сдать его преподавателю для проверки. В случае необходимости дать пояснения.

3. Рекомендуемые разделы программы и методики испытания

3.1 Программа испытания

В программу испытаний, как правило, включаются следующие разделы:

1. *Основание для проведения испытаний* (распоряжение главного конструктора, появление рекламаций, просьба эксплуатирующих организаций и т. п.

2. *Характеристику объекта испытаний* с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний, описание конструктивных особенностей, влияющих на измеряемые показатели, и другие сведения, в том числе о предыдущей модели и об аналоге для сопоставления полученных результатов испытаний.

3. *Цель испытаний* с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения экспериментов, так и по их завершении при анализе результатов.

4. *Общие положения* с указанием:

- перечня документов на проведение испытаний;
- места и сроков проведения испытаний;
- перечня ранее проведенных испытаний, в том числе стендовых и поагрегатных, поясняющих состояние доработки конструкции;
- перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;
- обоснования последовательности и методов проведения экспериментов.

5. *Подготовку объектов испытаний* – приёмку автомобилей, обкатку, регулировку систем и механизмов (если это необходимо) монтаж и

расположение испытательного оборудования, настройку и тарировку аппаратуры.

Перед началом испытаний производят подготовку автомобиля (трактора) к экспериментам, которая заключается в отборе, приёмке и обкатке образца. Способ отбора зависит от вида испытаний. Для контрольных испытаний нельзя отбирать лучшие образцы, устранять производственные дефекты, выполнять дополнительные регулировки и другие мероприятия, оказывающие влияние на качество изготовления и сборки автомобиля. При приёмочных и ресурсных испытаниях можно перед началом экспериментов устранять случайные дефекты и неполадки, выполнять дополнительные регулировки с целью приведения автомобиля в соответствие с требованиями технических условий и конструкторско-технологической документации. При приёмке автомобиля завод-изготовитель представляет организации, проводящей испытания, всю необходимую техническую документацию.

Техническое состояние автомобиля (трактора) определяют при осмотре, устанавливая исправность автомобиля (трактора) в целом и его отдельных агрегатов с помощью средств технической диагностики. Осмотр производят без снятия и разборки механизмов. Осмотром определяют:

- комплектность автомобиля в целом, его оборудования, снаряжения, инструмента и других составляющих, предусмотренных конструкцией;
- наличие видимых повреждений или некачественного выполнения деталей, окраски, обивки, оборудования и др.;
- наличие неокрашенных поверхностей, не покрытых защитными мастиками, коррозии, трещин, некачественной сварки, повреждённых стёкол, уплотнений, подтеканий, качество отделки и декоративных деталей.

При осмотре автомобилей текущего производства, кроме того, проверяется наличие знаков приёмки ОТК на агрегатах, пломб на механизмах (спидометр, карбюратор, щиток приборов и др.). Кроме того, проверяется:

- наличие предусмотренного техническими условиями количества масел и жидкостей в агрегатах и узлах;
- герметичность соединений гидравлических и пневматических систем (тормозов, рулевого управления, регуляторов давления воздуха в шинах, приводов навесного и прицепного оборудования);
- затяжку креплений, шплинтовку;
- исправность тягово-сцепных устройств;
- состояние аккумуляторных батарей;
- регулировку подшипников колёс;
- компрессию в цилиндрах двигателя;
- температурные режимы работы агрегатов и систем;
- давление масла в двигателе;
- свободные хода органов управления;
- наличие зазоров трансмиссии;
- обороты холостого хода двигателя;

- давление в шинах, дисбаланс колёс;
- рабочие характеристики двигателя, агрегатов и систем;
- регулировку фар, приборов зажигания (опережение впрыска топлива и др.), регуляторов напряжения, натяжения ремней, зазоры в клапанном механизме, хода педалей, регулировку тормозных механизмов, регулировку углов установки управляемых колёс.

Все результаты технического осмотра образцов заносят в журнал испытаний. К подготовительным операциям при ресурсных испытаниях относится первоначальная проверка размеров деталей, износ которых будет определяться, и обязательная их маркировка.

Некоторые виды испытаний проводят с эталонными агрегатами, характеристики которых полностью соответствуют техническим условиям и не изменяются в процессе испытаний. Эталонные агрегаты применяют в тех случаях, когда изменение характеристик может отразиться на показателях эксплуатационно-технических свойств автомобиля. К числу эталонных агрегатов относятся: топливоподающая аппаратура двигателей, распределитель и свечи зажигания, агрегаты и узлы тормозных систем и рулевого управления, амортизаторы, шины и др. Перед установкой на автомобиль проверяется сертификат на эталонный агрегат и производится обкатка.

После устранения дефектов, препятствующих нормальной безопасной работе автомобиля и его агрегатов, устанавливают испытательную аппаратуру или проводят подготовительные работы для её быстрого монтажа и настройки.

Обкатку нового автомобиля (трактора) проводят в соответствии с требованиями заводской инструкции по эксплуатации машины с целью предотвращения повреждения деталей при больших нагрузках и скоростях движения. Испытания, связанные с высокими скоростями движения и с большими нагрузками на детали, следует начинать после пробега 3...5 тыс. км, (окончательная приработка сопряжённых деталей достигается только после пробега 10...20 тыс. км.). Как правило, перед испытаниями назначается дополнительная дорожная обкатка.

Ускорению приработки и предотвращению повышенных износов и повреждений (задилов) трущихся поверхностей деталей способствует применение во время обкатки специальных масел и присадок (добавление в масла олеиновой или стеариновой кислот в количестве до 1 % ускоряет процесс приработки почти в 2 раза).

Перед обкаткой на автомобиле все агрегаты проходят холодную (принудительное вращение) и горячую (для двигателя это работа на средних оборотах с использованием сертифицированного топлива) обкатки на стендах.

Техническое обслуживание автомобиля (трактора) в процессе испытаний должно проводиться в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации и действующим положением о техническом обслуживании и ремонте.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на стабильность результатов дорожных испытаний. Определять большинство эксплуатационно-технических параметров рекомендуется в сухую погоду при

температуре воздуха от +5°C до +25°C. Скорость ветра не должна превышать 3 м/с. Измеренную анемометром, скорость ветра, его направление, а также другие метеорологические условия фиксируют в журнале испытаний (или в протоколе).

Тепловые режимы агрегатов автомобиля обуславливаются их нагрузочными и скоростными режимами работы и температурой внешней среды. Тепловое состояние агрегатов испытываемых образцов контролируется дистанционными термометрами. Перед началом испытаний агрегаты автомобиля должны быть прогреты пробегом, указанным в методике испытаний (обычно время пробега устанавливается от 30 мин. до 1 часа в зависимости от внешней температуры и условий испытаний).

Весовые состояния (нагрузка) автомобилей в процессе испытаний зависят от вида испытаний назначения экспериментов, интенсивности их проведения и указываются в методике испытаний. При всех видах испытаний параметры, регламентируемые международными правилами, стандартами, инструкциями и другими нормативными документами, определяются при весовых нагрузках, указанных в этих документах.

При проведении испытаний должны строго соблюдаться меры по обеспечению безопасности водителей, обслуживающего персонала и наблюдателей, а также меры по обеспечению сохранности автомобиля и установленных на нем приборов и устройств. Водители-испытатели, должны иметь опыт вождения автомобилей с высокими скоростями, в сложных дорожных условиях, в экстремальных случаях. На испытываемом автомобиле могут находиться только водитель и один контролёр-испытатель. Оба должны быть пристёгнуты ремнями безопасности и иметь шлемы. При проведении испытаний, связанных с повышенной опасностью (на управляемость, на устойчивость, пассивную безопасность, движение с высокими скоростями, экстренное торможение и др.), на месте испытаний должны находиться представитель службы безопасности движения, медицинское и противопожарное обеспечение.

6. *Условия и порядок проведения испытаний*, где указываются:

- характеристика места и оборудования (специальные испытательные сооружения, дороги) для испытаний;
- метеорологические условия и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в соответствующей документации или тактико-технических заданиях;
- требования к загрузке, техническому обслуживанию, заправке горюче-смазочными материалами и хранению испытываемой машины. При испытаниях автомобилей обязательным условием является использование сертификатных горюче-смазочных материалов, (сертификат – это документ, удостоверяющий качество продукции). Топливо и смазочные материалы должны соответствовать маркам, указанным в инструкции по эксплуатации машины. Фактические характеристики применяемых материалов проверяют контрольными анализами. На весь период испытаний желательно организовать

специальный пункт заправки топливом, маслами и рабочими жидкостями. Условия хранения испытываемых образцов должны исключать возможность изменения технического состояния машин, нарушения их комплектности, регулировок, бесконтрольной заправки топливом или его слива, замены смазок, неплановых ремонтов и т. п.;

- взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;
- материально-техническое обеспечение, в том числе различные технические средства, расходуемые материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация;
- метрологическое обеспечение, включая применяемые измерительные приборы, необходимые для достижения требуемой точности результатов;
- тепловые режимы агрегатов в процессе испытаний;
- требования к квалификации основного и вспомогательного персонала, выполняющего испытания и обслуживание;
- общая организация испытаний – суточный пробег, обеспечение отдыха испытателей, оплата труда и прочие, требования по технике безопасности.

7. Объёмы испытаний, где предусматриваются:

- перечень этапов испытаний и экспериментов, их последовательность;
- нагрузочные и скоростные режимы испытаний, их плановые изменения;
- перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных и функциональных свойств и параметров машины, подлежащих определению;
- характеристики дорожно-климатических условий испытаний;
- продолжительность испытаний, в том числе посезонную;
- общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;
- цикличность испытаний (при необходимости).

8. Отчетность с указанием:

- перечня отчетных документов, оформляемых в процессе испытаний и после их завершения, порядок их согласования, утверждения, представления и хранения;
- требований рассылки или предъявления отчетных документов.

Любой вид испытаний должен завершаться оставлением технического отчёта. В процессе испытаний оформляются протоколы, акты, журналы испытаний, карты измерений, ведомости, которые при необходимости иллюстрируют фотографиями, осциллограммами, графиками, схемами,

таблицами и т. п. Эти материалы составляют основу технического отчёта, который строится по следующей схеме (в соответствии с ГОСТ 7.32-2001):

- введение, определяющее цель и вид проведенных испытаний, основание для их проведения и организацию, проводившую испытания;
- техническую характеристику объекта испытаний;
- общие условия проведения испытаний;
- условия и методики проведения экспериментов, выполненный объём опытов, приборы и оборудование, применённые в испытаниях, их характеристики, результаты испытаний по всем разделам программы;
- данные осмотров, измерений износов, выявленные отказы и неисправности, произведенные регулировки и ремонты, израсходованные запчасти;
- анализ и оценку результатов испытаний;
- перечень выявленных недостатков автомобиля, их причины и рекомендации по устранению;
- заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний.

9. Приложения, в которых указываются: перечень нормативно-технических документов, применяемых при испытаниях, и другие отечественные и международные поясняющие или справочные материалы.

Пример программы испытания.

По распоряжению главного конструктора составить программу ходовых испытаний заднего вешего моста грузового автомобиля КАМАЗ-55111.

1. Объект испытаний.

Объектом ходовых испытаний является задний ведущий мост грузового автомобиля КАМАЗ-55111. На испытания представляется один автомобиль с пробегом 120000 км. На автомобиль установлен образец заднего моста с наработкой 60 моточасов.

2. Цель испытаний.

Целью испытаний является подтверждение нормального функционирования опытного образца заднего ведущего моста автомобиля в реальных условиях эксплуатации.

3. Общие положения.

3.1. Перечень документов на проведение испытаний. Документами на проведение испытаний являются: договор между заказчиком и исполнителем, программа испытаний и методика испытаний.

3.2. Место и сроки проведения испытаний. Испытания проводятся на испытательном полигоне в период с 14. 05 по 28. 05.

3.3. Проводимые ранее испытания.

Ранее проводились стендовые испытания данного моста в течение 60 моточасов со средней нагрузкой.

3.4. Руководящие документы, используемые при проведении испытаний.

При проведении испытаний используются следующие документы: программа испытаний, методика испытаний, правила техники безопасности проведения полигонных испытаний, инструкция по эксплуатации автомобиля КАМАЗ-55111, инструкция по эксплуатации опытного заднего моста.

3.5. Обоснование выбранного метода испытаний.

Выбранный метод испытаний позволит оценить функционирование опытного заднего ведущего моста автомобиля в реальных условиях эксплуатации.

4. Условия и порядок проведения испытаний.

4.1. Характеристика места и оборудования.

Испытания проводятся на испытательном полигоне, на асфальтобетонной и грунтовой трассе.

4.2. Метеорологические условия проведения испытаний.

Испытания проводятся в сухую погоду при температуре воздуха 10...25°C, средней влажности.

4.3. Требования к техническому обслуживанию и хранению.

Во время проведения испытаний обслуживание машины должно проводиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации, предоставляемой заказчиком. Хранение испытываемой машины необходимо осуществлять в закрытом ангаре для хранения техники.

4.4. Взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях.

Во время испытаний допускается присутствие представителя заказчика и других заинтересованных лиц (по согласованию с исполнителем).

4.5. Материально-техническое обеспечение.

Снабжение испытаний топливно-смазочными материалами, инструментом, вспомогательными средствами, и транспортом берёт на себя исполнитель работ. Снабжение испытаний запасными частями, необходимой конструкторской и технологической документацией на машину возлагается на заказчика работ.

4.6. Метрологическое обеспечение.

Испытательный полигон аттестован, каждое его испытательное сооружение проходит необходимую аттестацию в соответствии с требованиями. Все средства измерения (измерительные приборы) и инструмент, используемые при испытаниях, проходят соответствующую поверку и имеют действующую отметку поверителей.

4.7. Требования к квалификации персонала.

К испытаниям допускаются: инженеры-испытатели не ниже 2-й категории, водители-испытатели не ниже 2-го класса, слесари-испытатели не ниже 5-го разряда.

4.8. Требования по технике безопасности.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности испытательных работ на полигоне, а также при эксплуатации, обслуживании и ремонте испытываемой машины и агрегатов.

5. Объём испытаний.

5.1. Перечень этапов испытаний.

В процессе испытаний машина должна пройти 70% пробега по испытательной трассе с асфальтобетонным покрытием, притом первую половину этой дистанции – без нагрузки, а вторую половину – с полной загрузкой 3 тонны, а 30% пробега машина должна пройти по грунтовой испытательной трассе, также первую половину дистанции – без нагрузки, а вторую половину – с полной нагрузкой 3 т. Допускается перестановка этапов испытаний по желанию исполнителя.

5.2. Перечень количественных и качественных показателей. В процессе испытаний оцениваются следующие показатели: внешнее состояние испытываемого ведущего моста, его внешняя геометрия, температура моста в районе правой и левой ступиц и редуктора.

5.3. Продолжительность испытаний.

Испытания проводятся весной в течение 15 календарных дней.

5.4. Общая наработка (пробег).

Общий пробег в течение испытаний должен составлять 5000 км.

6. Этапы и методы испытаний.

6.1. Перечень основных пунктов входящих в методику проведения испытаний.

В методику проведения экспериментов будут включены следующие пункты:

- контрольный осмотр машины перед каждым этапом испытаний;
- пробег машины по асфальтобетонной испытательной трассе без нагрузки;
- пробег по грунтовой испытательной трассе без нагрузки;
- пробег по асфальтобетонной испытательной трассе с полной нагрузкой;
- пробег по грунтовой испытательной трассе с полной нагрузкой;
- контрольный осмотр и дефектовка машины после каждого этапа испытаний.

6.2. Порядок и способы регистрации результатов испытаний.

По результатам каждого этапа испытаний составляется соответствующий протокол, в который вносятся данные о текущем состоянии испытываемого опытного заднего моста, а также данные о состоянии машины. Замеры температур, проведенные в процессе испытаний, заносятся в соответствующий раздел протокола с указанием времени проведения замера и дистанции пробега.

6.3. Требования к достоверности и точности получаемой информации.

Достоверность полученных результатов испытаний достигается путём их проведения на аттестованных испытательных трассах и за счёт применения при испытаниях поверенных средств измерений (приборов) и инструмента, а также аттестованных и тестированных методик выполнения измерений (МВИ).

6.4. Требования по технике безопасности.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности выполнения испытательных работ, а также требования по защите окружающей среды.

7. Отчётность по результатам испытаний.

После завершения каждого этапа испытаний оформляется протокол испытаний, подписываемый руководителем работ. Неисправности и повреждения автомобиля или испытываемого опытного образца моста отражаются в соответствующем разделе протокола испытаний.

По результатам испытаний составляется отчёт в двух экземплярах, подписываемый руководителем со стороны исполнителя и руководителем со стороны заказчика. Первый экземпляр отчёта остаётся у исполнителя, второй экземпляр передаётся заказчику.

8. *Перечень нормативно-технических документов, применяемых при испытаниях (приложение)* При проведении испытаний используются:

- программа испытаний;
- методика испытаний;
- правила техники безопасности полигонных испытаний;
- инструкция по эксплуатации и ремонту грузового автомобиля КАМАЗ-55111;
- инструкция по эксплуатации и ремонту опытного образца заднего моста.

3.2 Методика испытания

В методику испытаний, как правило, включают следующие разделы:

1. *Объект испытаний* – с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний;

2. *Цель испытаний* – с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения, так и по их завершении при анализе результатов;

3. *Условия и порядок проведения испытаний*, где указывается:

– характеристика места и оборудования (специальные испытательные сооружения, дороги) для испытаний;

– метеорологические условия проведения и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в технических условиях (ТУ) или тактико-технических заданиях (ТТЗ, ТЗ), или другой нормативной документации;

– требования к техническому обслуживанию, хранению испытываемой машины;

– взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;

– материально-техническое обеспечение, в том числе вспомогательные технические средства, расходные материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация на машину;

– метрологическое обеспечение, включая применяемые средства измерения (измерительные приборы и аппаратуру), необходимые для достижения требуемой точности экспериментальных оценок параметров;

– требования к квалификации персонала, выполняющего испытания и обслуживание;

– требования по технике безопасности.

4. *Объём испытаний, где предусматривается:*

– перечень этапов испытаний и экспериментов (проверок) и последовательность их проведения;

– перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных свойств машины, подлежащих определению и оценке;

– продолжительность, в том числе посезонная;

– общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;

– цикличность испытаний (при необходимости).

5. *Этапы и методы испытаний, где указывается:*

– методика выполнения экспериментов (подробно по пунктам) для определения и оценки эксплуатационных свойств и характеристик машины;

– порядок и способы регистрации, обработки, анализа и оценки результатов испытаний;

– требования к достоверности и точности обработки получаемой информации;

– требования по технике безопасности эксперимента и охране окружающей среды.

6. *Отчётность по результатам испытаний* (протоколы испытаний, отчёт).

Пример составления методики испытания.

1. *Объект испытаний.*

Объектом ходовых испытаний является задний ведущий мост автомобиля КАМАЗ-55111. На испытания представляется один опытный образец заднего ведущего моста установленный на испытательный автомобиль КАМАЗ-55111. На время начала испытаний: наработка ведущего моста – 60 моточасов, пробег – 0 км.; пробег испытываемого автомобиля 120000 км.

2. *Цель испытаний.*

Целью испытаний является подтверждение нормального функционирования опытного образца заднего ведущего моста автомобиля в условиях реальной дорожной эксплуатации.

3. *Условия и порядок проведения испытаний.*

3.1 Характеристика места и оборудования для испытаний.

Испытания проводятся на испытательной асфальтобетонной и грунтовой трассе испытательного полигона.

3.2 Метеорологические условия проведения испытаний.

Метеорологические условия проведения испытаний: сухая погода, температура воздуха – 10...25 °С, влажность – 60...75%.

3.3 Требования к техническому обслуживанию и хранению.

Во время проведения испытаний обслуживание и ремонт испытательного автомобиля и испытываемого моста должны проводиться в соответствии с

инструкциями по эксплуатации и ремонту. Хранение испытательного автомобиля на полигоне должно осуществляться в специальном ангаре для хранения техники.

3.4. Взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях.

Во время испытаний допускается присутствие представителя заказчика и других заинтересованных лиц (по согласованию с исполнителем).

3.5. Материально-техническое обеспечение испытаний. Снабжение испытаний топливо-смазочными материалами, инструментом, вспомогательными средствами, транспортом, документацией по эксплуатации, обслуживанию и ремонту испытательного автомобиля берёт на себя исполнитель работ. Снабжение испытаний запасными частями, необходимой конструкторской и технологической документацией опытного образца заднего моста возлагается на заказчика работ.

3.6. Метрологическое обеспечение испытаний.

Испытательный полигон имеет сертификат и проходит необходимую метрологическую аттестацию в соответствии с требованиями. Измерительные приборы и инструмент, используемые при испытаниях, проходят соответствующую метрологическую поверку.

3.7. Требования к квалификации персонала.

К испытаниям допускаются: инженеры-испытатели не ниже 2-й категории, водители-испытатели не ниже 2-го класса, слесари-испытатели не ниже 5-го разряда.

4. Объём испытаний.

4.1. Перечень этапов испытаний и последовательность их проведения.

Этапы проведения испытаний:

1-й этап: движение по асфальтобетонной трассе без нагрузки – пробег 1750 км;

2-й этап: движение по асфальтобетонной трассе с полной нагрузкой (3 т) – пробег 1750 км;

3-й этап: движение по грунтовой трассе без нагрузки – пробег 750 км.

4-й этап: движение по грунтовой трассе с полной нагрузкой – пробег 750 км.

Общий пробег в процессе испытаний – 5000 км.

4.2. Перечень определяемых параметров.

В процессе испытаний оцениваются следующие показатели: внешнее состояние испытываемого ведущего моста, его внешняя геометрия, температура моста в районе правой и левой ступиц и редуктора.

4.3. Продолжительность испытаний.

Испытания проводятся в течение 15 календарных дней, каждая испытательная смена длится в течение 8 часов.

4.3. Продолжительность испытаний.

Испытания проводятся в течение 15 календарных дней, каждая испытательная смена длится в течение 8 часов.

4.4. Общий пробег (наработка) в процессе испытаний. Общая наработка в процессе испытаний должна составлять 5000 км.

5. Порядок проведения испытаний.

5.1. Методика выполнения испытаний.

При проведении испытаний проводить операции в следующей последовательности:

- Провести внешний контрольный осмотр испытательного автомобиля и испытываемого заднего моста перед каждой испытательной сменой;
- Проверить техническое состояние испытательного автомобиля: уровень смазки и охлаждающей жидкости в двигателе, состояние ходовой части;
- Запустить двигатель машины и вывести её из ангара хранения на испытательную трассу;
- Провести испытания на трассе в режимах, соответствующих данной методике, в течение 8 часов;
- По окончании испытательной смены провести контрольный осмотр и дефектовку испытательного автомобиля и испытываемого моста, все замеченные неисправности и недостатки отразить в протоколе испытаний.

5.2. Порядок и способы регистрации результатов испытаний.

По окончании каждого этапа испытаний составить соответствующий протокол, в который внести данные о текущем состоянии испытываемого опытного заднего моста, а также данные о состоянии испытательного автомобиля. Замеры температур, проведенные в процессе испытаний, заносятся в соответствующий раздел протокола с указанием времени проведения замера и пробега.

5.3. Требования к достоверности и точности результатов.

Достоверность полученных результатов испытаний достигается путём их проведения на аттестованном испытательном полигоне и за счёт применения при испытаниях поверенных средств измерений (приборов) и инструмента, а также аттестованных и тестированных методик выполнения измерений (МВИ).

5.4. Требования по технике безопасности и охране окружающей среды.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности выполнения испытательных работ на полигоне, а также требования техники безопасности при эксплуатации, обслуживании и ремонте испытательного автомобиля и испытываемого агрегата. Необходимо проводить мероприятия по недопущению загрязнения окружающей среды топливо-смазочными материалами и техническим мусором.

6. Отчётность по результатам испытаний.

После завершения каждого этапа испытаний оформляется протокол испытаний, подписываемый руководителем работ. Неисправности и повреждения испытываемого заднего моста или испытательного автомобиля отражаются в соответствующем разделе протокола испытаний. Копии протоколов испытаний подшиваются в приложение отчёта испытаний.

По результатам испытаний составляется отчёт в двух экземплярах, подписываемый руководителем со стороны исполнителя и руководителем со

стороны заказчика. Первый экземпляр отчёта остаётся у исполнителя, второй экземпляр передаётся заказчику.

4. Содержание отчета

Составить программу и методику испытания агрегата автомобиля или трактора (по указанию преподавателя). Написать отчет о выполненной работе и сдать его преподавателю для проверки.

5. Самостоятельная работа

Изучить и кратко законспектировать стандарты:

-ГОСТ 25836-83 Тракторы. Виды и программы испытаний.

-ГОСТ 7057-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний.

-ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний

-ГОСТ 28305-89 Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Правила приемки на испытания.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОГО, СТАТИЧЕСКОГО, ДИНАМИЧЕСКОГО РАДИУСОВ КОЛЕСА

Цель работы: Получение навыков определения свободного, статического и динамического радиусов пневматического колеса.

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Секундомер.
4. Вешки.

Основные понятия и определения:

Согласно стандарта ГОСТ Р 52390-2005 «ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА. КОЛЕСА ДИСКОВЫЕ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ»:

Свободный радиус – половина диаметра наибольшего сечения беговой дорожки колеса (не нагруженного внешними силами) плоскостью, перпендикулярной оси вращения, при отсутствии контакта колеса с опорной поверхностью.

Статический радиус - расстояние от оси вращения неподвижного нагруженного нормальной нагрузкой колеса с пневматической шиной до плоской опорной поверхности.

Динамический радиус - радиус колеса с пневматической шиной под нагрузкой, соответствующей полной массе транспортного средства в движении, определяемый как длина теоретической окружности качения шины с

наибольшим диаметром, предписанная изготовителем колеса для применения на этом колесе, деленная на 2π .

Кинематический радиус – отношение продольной составляющей поступательной скорости V_k (м/с) к его угловой скорости ω_k (рад/с):

$$r_k = \frac{V_k}{\omega_k} \quad (1)$$

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1) автомобиль оснащается испытательной аппаратурой, позволяющей определять:
 - скорость автомобиля;
 - угловую частоту вращения колёс автомобиля;
- 2) выполняется испытательный заезд: автомобиль разгоняется до скорости 55 км/ч, двигатель отсоединяется от трансмиссии, и производится выбег;
- 3) измеряется статический радиус каждого колеса $r_{ст}$;
- 4) для каждого колеса определяется $\lambda_{см}$ - коэффициент, учитывающий смятие шины под нагрузкой $\lambda_{см} = (r_{ст} - 0,5d)/(\Delta B)$, где d - посадочный диаметр (мм); B - ширина профиля шины (мм); $\Delta = H/B$ - отношение высоты профиля к его ширине;

Значения H/B и $\lambda_{см}$ для различных шин следующие:

а) шины грузовых автомобилей и шины с регулируемым давлением (кроме широкопрофильных) $H/B = 1$; $\lambda_{см} = 0,85...0,9$;

• широкопрофильные - $H/B = 0,7$; $\lambda_{см} = 0,85$;

б) шины легковых автомобилей:

• диагональные с дюймовым обозначением - $H/B = 0,95$; $\lambda_{см} = 0,85..0,9$;

• со смешанным обозначением - $H/B = 0,8...0,85$; $\lambda_{см} = 0,8...0,85$;

• радиальные - $H/B = 0,7$; $\lambda_{см} = 0,8...0,85$.

У радиальных шин чаще всего H/B входит в обозначение шины, например, у шины **205/70R14**

70 – величина H/B в %,

205 – B в мм.

Значения d и B входят в обозначение шин.

Например, у шины **155-330(6,15-13)**

$B=155$ мм; $d=330$ мм. В скобках даны размеры в дюймах.

- 5) по снятому колесу автомобиля определяется свободный радиус колеса r_c ;
- 6) на участке выбега определяются при скоростях 10 и 50 км/ч угловые скорости колёс соответственно ω_{10} и ω_{50} ;
- 7) рассчитываются динамические радиусы колёс при скоростях 10 и 50 км/ч:
$$r_{\partial 10} = 10/(3,6 \omega_{10}); \quad r_{\partial 50} = 50/(3,6 \omega_{50});$$
- 8) заполняется протокол лабораторной работы (табл.2);

9) заполняется п. **Выводы** протокола лабораторной работы: объясняется различие статических радиусов всех колёс, устанавливается влияние скорости движения на величину динамического радиуса.

Протокол к лабораторной работе №2

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица 2- Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Параметр	Переднее левое колесо	Переднее правое колесо	Заднее левое колесо	Заднее правое колесо
Свободный радиус колеса r_c , мм				
Статический радиус $r_{ст}$				
Коэффициент $\lambda_{см}$				
Угловая скорость ω^{10} рад/с				
Угловая скорость ω^{50} рад/с				
Динамический радиус колеса r_d^{10}				
Динамический радиус колеса r_d^{50}				

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Подготовить ответы на вопросы:

1. Что такое радиус эластичного колеса?
2. Что такое свободный радиус колеса?
3. Как определить величину свободного радиуса колеса?
4. Что такое статический радиус колеса и от каких параметров он зависит?
5. Что такое динамический радиус колеса?
6. Что такое кинематический радиус колеса?
7. Как численно определить статический радиус колеса?
8. От чего зависит и как определяется динамический радиус колеса?
9. От чего зависит и как определяется кинематический радиус колеса?
10. Для чего и каким образом производится тарировка спидометра автомобиля?

Лабораторная работа № 3

ОЦЕНКА СВОЙСТВ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: Получение навыков оценки управляемости автомобиля при совершении поворота

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309 с установленными приборами (Эффект -02).
2. Рулетка (20 м).
3. Секундомер.
4. Вешки.

Общие понятия и определения:

Методы испытаний и оценочные параметры основываются на действующих нормативных документах (РД 37.001.005-86 «Методы испытаний и оценки устойчивости управления автотранспортными средствами» и ОСТ 37.001.471-88 «Управляемость и устойчивость автотранспортных средств. Методы испытаний»).

Управляемость – свойство управляемого водителем автомобиля сохранять в определенной дорожно-климатической обстановке заданное

направление движения или изменять его в соответствии с воздействием на рулевое управление.

Устойчивость – свойство автомобиля, характеризующее его способность сохранять заданное направление движения при воздействии внешних сил, стремящихся отклонить его от этого направления. В экстремальных условиях недостаточная устойчивость автомобиля может привести к его заносу и опрокидыванию.

Принципиальное различие между понятиями управляемость и устойчивость заключается в том, что устойчивость охватывает ряд свойств автомобиля, обеспечивающих его движение по заданной траектории без воздействия водителя, а управляемость – при его воздействии.

Автомобильное колесо обладает радиальной, тангенциальной и боковой эластичностью. Управляемость и устойчивость автомобиля в значительной степени зависят от боковой эластичности автомобильного колеса.

Если на катящееся, жесткое в боковом направлении колесо действует боковая сила, траектория качения колеса будет оставаться в его продольной плоскости до тех пор, пока боковая сила не станет больше силы сцепления колеса с дорогой. После этого начинается скольжение колеса в боковом направлении. При действии же боковой силы на катящееся эластичное колесо траектория качения колеса отклонится от плоскости колеса на угол, называемый углом бокового увода.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) автомобиль оснащается испытательной аппаратурой, позволяющей определять:

- скорость автомобиля;
- поперечное ускорение автомобиля;
- угол поворота рулевого колеса;

3) выполняется маневр «Поворот» согласно ГОСТ Р 31507-2012;

4) в зоне поворота автомобиля определяются скорость автомобиля V_a (м/с), поперечное ускорение j_y (м/с²) и угол поворота рулевого колеса $\alpha_{рк}$ (град);

4) рассчитывается радиус поворота с использованием модели поворота автомобиля на жёстких колёсах R (м):

$$R = L/\operatorname{tg}\Theta = L/\operatorname{tg}(\alpha_{рк}/U_{ру}), \quad (2)$$

где L - база автомобиля (м);

Θ - угол поворота управляемых колес (град);

$U_{ру}$ - передаточное число рулевого управления;

5) рассчитывается радиус поворота с уводом эластичного колеса R_y (м)

$$R_y = V_a^2/j_y; \quad (3)$$

6) делается вывод о влиянии увода колеса на величину радиуса поворота (п. Выводы).

Протокол к лабораторной работе №3

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица 3– Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Параметр	Правый поворот	Левый поворот	Средний показатель
Скорость автомобиля V_a , м/с			
Поперечное ускорение j_y , м/с ²			
Угол поворота рулевого колеса $\alpha_{рк}$, град			
База автомобиля L , м			
Угол поворота управляемых колес Θ , град			
Передаточное число рулевого управления $U_{ру}$			
Радиус поворота автомобиля на жестких колесах R , м $R = L/\text{tg}\Theta = L/\text{tg}(\alpha_{рк}/U_{ру})$			
Радиус поворота с уводом эластичного колеса R_y , м $R_y = V_a^2/j_y$			

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа:

Подготовить краткий конспект на тему «Влияние эксплуатационных факторов на управляемость и устойчивость автомобиля». Рассмотреть эксплуатационные факторы: *давление воздуха в шинах; нагрузка на колесо; увеличение высоты расположения центра тяжести нагруженного автомобиля; тяговая и тормозная силы; сцепные свойства покрытия дороги; интенсивность приложения управляющего воздействия, скорость и боковые перегрузки.*

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Выписка из ГОСТ Р 31507-2012. **Автотранспортные средства.**

Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний

4.5 Управляемость и устойчивость при испытаниях «поворот» и «переставка»

4.5.1 Требования распространяются на АТС категорий М, N и О (категории О-в составе автопоезда).

4.5.2 Максимальную скорость АТС при выполнении маневра (далее — скорость маневра V_m' определяют как среднее арифметическое значение скоростей трех заездов с наибольшей скоростью, при которой не было выхода за пределы разметки или отрыва одного из колес АТС от поверхности дороги.

При выполнении маневров на АТС категории М, не должен происходить отрыв всех колес одной из сторон от поверхности дороги.

4.5.3 Значения V_m' , полученные при испытаниях, не должны быть ниже приведенных в приложении А нормативных значений V_m .

4.5.4 Для легковых автомобилей с объемом двигателя до 1200 см³ и специализированных АТС нормативные значения скоростей выполнения маневров «поворот» и «переставка» снижают на 5 %.

4.5.5 При выполнении маневра «поворот» не должны возникать незатухающие курсовые колебания у АТС всех категорий.

4.5.6 При значении для испытуемого АТС ниже нормативного значения V_m не более чем на 10 % возможность эксплуатации испытуемого АТС на дорогах общего пользования определяют по результатам испытаний «пробег» в соответствии с 4.7.

4.5.7 При значении V_m' для испытуемого АТС ниже нормативного значения V_m

более 10 % эксплуатация на дорогах общего пользования не допускается.

Таблица А.1 — Нормативные значения V_m скоростей выполнения маневра «поворот $R_n = 35$ м»

Категория АТС	M1	M1*	M1**	Автопоезда M, с прицепом
V_m , км/ч	72	65	67	65
Категория АТС	M2	M3***		
		Габаритная длина, м		
		до 8	от 8 до 12	св. 12
V_m , км/ч	60	56	51	48
Категория АТС	N1	N1**	N2	
V_m , км/ч	60	60	50	
Категория АТС	N3	N3	Седельные автопоезда N2	
	Полная масса до 20 т	Полная масса св. 20 т		
V_m , км/ч	49	46	42	
Категория АТС	Автопоезда N2 с прицепом	Седельные автопоезда N3	Автопоезда N3 с прицепом	
	V_m , км/ч	42	42	

* Легковые автомобили с числом посадочных мест свыше пяти (включая водителя) и(или) полной массой свыше 2,2 т.
 ** АТС повышенной проходимости.
 *** В т. ч. сочлененные автобусы.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЯ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: Изучить влияние характеристик опорной поверхности на коэффициент сопротивления качению пневматических колес грузового автомобиля.

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Секундомер.
4. Вешки.

Общие понятия и определения:

Коэффициент сопротивления качению f применяют для оценки энергетических затрат, связанных с качением колес. Величину f определяют в условиях дорожных испытаний. Коэффициент сопротивления качению f – это отношение горизонтальной силы, вызывающей равномерное качение колеса по горизонтальной дороге, к вертикальной реакции дороги. Такое определение f

позволяет легко выявить его значение дорожными испытаниями автомобиля на горизонтальном участке дороги, при которых горизонтальная сила P_f фиксируется по показаниям динамометра, а вертикальная реакция дороги равна весу автомобиля $G = m \cdot g$ автомобиля (m - масса автомобиля; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения):

$$f = P_f / G. \quad (4)$$

Определяют коэффициент сопротивления качению f при дорожных испытаниях автомобиля с небольшой начальной скоростью, когда сопротивлением воздуха можно пренебречь. Коэффициент f мало изменяется с изменением скорости V движения автомобиля от 0 до 20 км/ч, в этом диапазоне скоростей его можно считать постоянным ($f = f_0 = \text{const}$). Величина f_0 зависит от состояния (качества) опорной поверхности дороги. Обычно при движении автомобиля по асфальтированной или бетонной дороге (при отсутствии колеи) значение f_0 не превышает интервал: $f_0 = 0,01 \dots 0,032$ (при нормальном техническом состоянии шин). При дальнейшем увеличении скорости движения автомобиля (более 20 км/ч) коэффициент сопротивления качению возрастает пропорционально квадрату скорости V , например, согласно следующей эмпирической зависимости (по данным НАМИ):

$$f = f_0 [1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot (3,6 \cdot V)^2] \quad (5)$$

где V - скорость автомобиля, м/с.

Коэффициент дорожного сопротивления является интегральным показателем, учитывающим качественные (f) и профильные (углы уклонов α) свойства дороги, определяется как:

$$\psi = f + \sin \alpha. \quad (6)$$

Коэффициент обтекаемости k_w характеризует аэродинамическое сопротивление движению автомобиля при повышенных скоростях, свыше 5,5 м/с (20 км/ч). Так как сила сопротивления воздуха P_w (аэродинамическое сопротивление движению автомобиля) определяется как: $P_w = F_w k_w V^2$, то по уравнению баланса сил при условии движения по горизонтальной дороге:

$$P_k = P_f + P_w. \quad (7)$$

при уже определенном ранее значении $P_f = f \cdot G$ и заданных величинах P_k и V , можно рассчитать величину коэффициента k_w для данного скоростного движения автомобиля.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) автомобиль оснащается испытательной аппаратурой, позволяющей определять:

- скорость автомобиля;
- пройденный путь;

2) выполняются испытательные заезды в двух направлениях: автомобиль

разгоняется до скорости не менее 20 км/ч, двигатель отсоединяется от трансмиссии, и производится выбег до полной остановки;

3) определяется время t^{20-10} (с) снижения скорости автомобиля с 20 до 10 км/ч;

4) определяется коэффициент сопротивления движению автомобиля f

$$f = 10 / (3,6 \cdot t^{20-10} 9,81); \quad (8)$$

5) определяется тип опорной поверхности (Выводы в протоколе).

6) на величину коэффициента f , помимо типа и состояния дорожного покрытия, оказывает влияние целый ряд других факторов (например, давление в шинах, рисунок протектора, конструкция подвески, скорость и др.), поэтому более точное значение коэффициента f может быть определено в каждом случае экспериментальным путем. Для выявления влияния скорости на коэффициент сопротивления движению автомобиля f проводим испытания с определением времени:

$$t^{30-20}; t^{50-40}; t^{70-60}$$

и строим график $f_V = \varphi(V_{avto})$.

При увеличении скорости движения автомобиля (более 20 км/ч) коэффициент сопротивления качению f_V возрастает пропорционально квадрату скорости V_{avto} .

Протокол к лабораторной работе №4

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица Б.1 — Примерные значения коэффициента f от типа дорожного покрытия

Дорожное покрытие	Коэффициент, f
Цемент и асфальтобетон в хорошем состоянии	0,014—0,018
Цемент и асфальтобетон в удовлетворительном состоянии	0,018—0,022
Щебенка, гравий с обработкой вяжущими материалами, в хорошем состоянии	0,020—0,025
Щебенка, гравий без обработки, с небольшими выбоинами	0,030—0,040
Брусчатка	0,020—0,025
Булыжник	0,035—0,045
Грунт плотный, ровный, сухой	0,030—0,060
Грунт неровный и грязный	0,050—0,100
Песок влажный	0,080—0,100
Песок сухой	0,150—0,300
Лед	0,018—0,020
Снежная дорога	0,025—0,030

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЁВРЕННОСТИ

Цель работы: Изучить показатели маневренности грузового автомобиля

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ- 3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Мел, шпагат.
4. Вешки.

Общие понятия и определения:

Маневренностью называется группа свойств, характеризующих способность транспортного средства ТС (автопоезда) к совершению маневров, т.е. способность к изменению своего положения на ограниченной площади и в проездах заданной формы и размеров, в том числе при движении задним ходом. Маневренность может быть охарактеризована следующими оценочными показателями:

- минимальным радиусом поворота; внешним габаритным радиусом поворота;
- внутренним габаритным радиусом поворота;
- поворотной шириной автомобиля по следу колес;
- габаритной полосой движения;
- удельной тяговой силой, необходимой для совершения поворота;
- коэффициентом использования сцепной силы колес при повороте;

- усилием на рулевом колесе при повороте управляемых колес на месте;
- сложностью осуществления управляемого движения задним ходом.

Первые три показателя определяют при контрольных испытаниях транспортных средств специального назначения (ТССН).

Минимальный радиус поворота автомобиля – тягача R_{\min} – это расстояние от центра поворота до оси следа переднего забегающего колеса при максимальных углах поворота управляемых колес.

Внешний габаритный радиус поворота $R_{\text{габmax}}$ замеряют для тех же условий по точке (например, буфер, переднее колесо), наиболее удаленной от центра поворота.

Внутренний габаритный радиус $R_{\text{габmin}}$ определяют по точке, наиболее приближенной к центру поворота.

Радиусы R_{\min} , $R_{\text{габmax}}$ и $R_{\text{габmin}}$ характеризуют площадь, необходимую для маневрирования и разворота автопоезда.

Поворотная ширина по следу колес $B_{\text{п}}$ определяется как разность самого большого и самого малого радиусов поворота по осям следов соответствующих колес (наиболее удаленного и наиболее приближенного к центру поворота).

Габаритная полоса движения $B_{\text{габ}}$ равна разности радиусов поворота точек, наиболее удаленной и наиболее приближенной к центру поворота:

$$B_{\text{габ}} = R_{\text{габmax}} - R_{\text{габmin}}.$$

Поворотная ширина и габаритная полоса движения характеризуют ширину коридора, необходимого при совершении крутых поворотов, а также возможность движения в проездах заданной формы и размеров.

Удельная тяговая сила $F_{\text{п}}$ при повороте, необходимая для совершения поворота, определяется отношением тяговой силы на ведущих колесах к силе тяжести автомобиля при повороте его по минимальному или близкому к нему радиусу, а также с минимальной устойчивой скоростью.

Чем меньше удельная тяговая сила, тем меньше нагружается двигатель при переходе автопоезда от прямолинейного движения к криволинейному с крутыми поворотами.

Коэффициентом использования сцепной силы колес $k_{\text{фi}}$ называется отношение суммарной силы, действующей в контакте колес, к потенциально возможной силе по сцеплению.

Основными конструктивными факторами, определяющими показатели маневренности ТС, являются величины базы его звеньев и углы поворота управляемых колес, изменение которых существенно влияет на радиус и другие показатели.

Например, для двухосных ТС (автомобилей и звеньев ТССН) с передними управляемыми колесами зависимости $R = f(L, \theta)$ в пределах их практически возможного изменения имеют характер, близкий к линейному. Интенсивность изменения радиуса R в зависимости от базы L несколько большая, чем от угла поворота θ_{max} . Интенсивность изменения коэффициента $k_{\text{ф2}}$ заднего моста при уменьшении базы L значительно меньшая (на 25...30%), чем при изменении

угла θ_{\max} управляемых колес. Поэтому при необходимости уменьшения радиуса R более эффективно уменьшать базу L , чем увеличивать θ_{\max} .

Наиболее действенным конструктивным мероприятием для уменьшения радиуса R двухосного ТС является выполнение всех колес управляемыми. Наименьшее значение R достигается при условии $\theta_{\max 1} = \theta_{\max 2}$. В этом случае при $R = 0,5L/\operatorname{tg}\theta$, т.е. при прочих постоянных условиях применение задних управляемых колес в схеме двухосного ТС с передними управляемыми колесами уменьшает радиус R в два раза. Одновременно улучшаются все остальные показатели маневренности. Однако подобная схема системы поворота двухосного автомобиля имеет и свои недостатки, в частности, наряду с конструктивной сложностью наличие задних управляемых колес затрудняет отъезд автомобиля от стенки или бордюра тротуара, если он стоял вплотную к ним, а также приводит к нарушению устойчивости движения при входе автомобиля в поворот. Это объясняется следующими явлениями: на начальном этапе процесса входа в поворот угол увода заднего моста изменяется в направлении, противоположном своему изменению на последующем (конечном) этапе, т.е. значение угла увода в процессе входа в поворот дважды меняет свой знак. Следовательно, в начале этапа входа в поворот на задних управляемых колесах возникает боковая сила, действующая в направлении, противоположном тому, в котором она будет действовать в конце этапа. Поэтому, если система стабилизации задних управляемых колес основана на принципе использования боковых сил при повороте, то в начале этапа входа в поворот возникает дестабилизирующий момент, после исчезновения которого, появляется стабилизирующий момент, способствующий возврату колес в нейтральное положение. Подобные явления ухудшают стабильность прямолинейного движения и, как следствие, – управляемость.

Этот недостаток может быть устранен блокированием системы управления задних колес в нейтральном положении при движении автомобиля с высокими скоростями или при отъезде от стенки.

Большое влияние на маневренность оказывает сопротивление движению. Чем хуже дорожные условия и больше коэффициенты сопротивления качению колес, тем больше необходимые для движения продольные реакции и крутящие моменты и тем меньше остается запас динамического фактора, который может быть реализован ТС. Большое влияние на маневренность оказывает сопротивление движению. Чем хуже дорожные условия и больше коэффициенты сопротивления качению колес, тем больше необходимые для движения продольные реакции и крутящие моменты и тем меньше остается запас динамического фактора, который может быть реализован ТС. Следовательно, с повышением сопротивления движению увеличивается минимально осуществимый радиус поворота.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) рулевое колесо автомобиля поворачивается до упора в правую или левую стороны;

2) мелом на дорожной поверхности отмечаются положение шин автомобиля и проекции свесов кузова;

3) в соответствии со схемой поворота автомобиля (рисунок 1) определяются и заносятся в протокол следующие оценочные показатели:

- минимальный радиус поворота автомобиля R_{\min} (м);
- внешний габаритный радиус поворота $R_{\text{габmax}}$ (м);
- внутренний габаритный радиус поворота $R_{\text{габmin}}$ (м);
- ширина габаритного коридора по следу автомобиля $B_n = R_{\text{габmax}} - R_{\text{габmin}}$ (м).

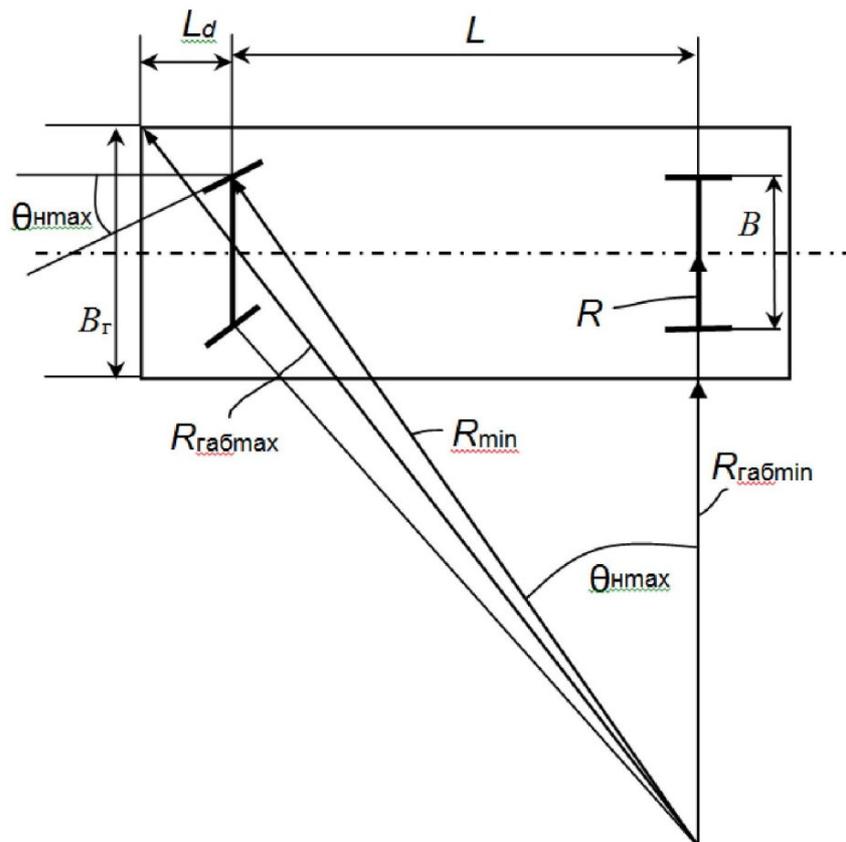


Рисунок 1 – Схема поворота автомобиля

Протокол к лабораторной работе №5

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

–климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица 5– Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Параметр	Повторность			Среднее
	1-ая	2-ая	3-ая	
• минимальный радиус поворота автомобиля R_{\min} (м);				
• внешний габаритный радиус поворота $R_{\text{габmax}}$ (м);				
• внутренний габаритный радиус поворота $R_{\text{габmin}}$ (м);				
• ширина габаритного коридора по следу автомобиля $B_n = R_{\text{габmax}} - R_{\text{габmin}}$ (м).				

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа:

Письменно ответить на вопросы:

1. Назовите параметры маневренности автопоезда.
2. Каким образом осуществляется нахождение ширины полосы движения автопоезда на повороте?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ НА РУЛЕВОМ КОЛЕСЕ

Цель работы: Изучить методы и приборы для измерения усилия на рулевом колесе и сравнение с нормативными данными.

Общие понятия и определения:

Испытания «усилие на рулевом колесе» предназначены для определения усилий, которые должен прилагать водитель для поворота управляемых колес.

Испытания «усилие на рулевом колесе» проводят на испытательном участке дороги, как на неподвижном автомобильном транспортном средстве (АТС), так и на движущемся со скоростью 10 км/ч при переходе от прямолинейного движения к движению по окружности радиуса $R_{п} = 12$ м или минимального радиуса $R_{мин}$, если он больше 12 м, внутри которой находятся проекции всех точек АТС, за исключением внешних зеркал и передних указателей поворота.

Проведение испытаний на неподвижном АТС

При наличии рулевого усилителя испытания проводят с работающим в режиме холостого хода двигателем, при отсутствии усилителя - с неработающим двигателем.

На неподвижном испытуемом АТС медленно поворачивают рулевое колесо из нейтрального положения вправо до упора. Фиксируют положение рулевого колеса и перемещают АТС на 0,4...0,6 м вперед или назад, после чего на неподвижном АТС поворачивают рулевое колесо из крайнего правого положения в крайнее левое положение. Фиксируют положение рулевого колеса и проводят следующее перемещение АТС на 0,4...0,6 м, после чего на неподвижном АТС возвращают рулевое колесо в нейтральное положение. Максимальное значение угловой скорости поворота рулевого колеса, замеренное по зависимости $\dot{\alpha}_n = f(t)$, не должно превышать 60°/с. Допускается кратковременная остановка рулевого колеса без снижения усилия на нем.

Производят не менее двух полных поворотов рулевого колеса из одного крайнего положения в другое.

В процессе испытаний непрерывно измеряют и регистрируют:

α_n - угол поворота рулевого колеса, град;

F_n - усилие на рулевом колесе, Н;

t - время поворота рулевого колеса, с.

Результатами испытаний являются средние по всем замерам значения усилий на рулевом колесе при его повороте отдельно влево $F_{н.л}$ и вправо $F_{н.п}$ на углы, соответствующие движению по окружности с габаритным радиусом $R_{п} = 12$ м или по окружности минимального габаритного радиуса $R_{мин}$, если он больше 12 м.

Проведение испытаний при движении АТС

АТС разгоняют до скорости (10 ± 2) км/ч, и с этой скоростью оно движется равномерно и прямолинейно.

Передачу в коробке передач выбирают наивысшую, которая обеспечивает устойчивую работу двигателя.

При въезде на испытательный участок поворачивают рулевое колесо с постоянной угловой скоростью поочередно: в одну сторону до крайнего положения, а затем в другую сторону также до крайнего положения.

Для АТС всех категорий без рулевого усилителя или с работающим усилителем скорость поворота рулевого колеса задают такую, чтобы обеспечить переход АТС в течение $(4,00 \pm 0,25)$ с от прямолинейного движения к движению по окружности, габаритный радиус которой $R_{\text{п}}$ равен $(12,00 \pm 0,05)$ м, или по окружности минимального габаритного радиуса, если $R_{\text{мин}}$ больше 12 м.

Для АТС с неработающим рулевым усилителем скорость поворота рулевого колеса задают такую, чтобы обеспечить переход АТС категорий M_1 , M_2 , N_1 и N_2 в течение $(4,00 \pm 0,25)$ с, а для АТС категорий M_3 и N_3 в течение $(6,00 \pm 0,25)$ с от прямолинейного движения к движению по окружности, радиус которой $(20,00 \pm 0,05)$ м.

Неисправность усилителя следует имитировать отсоединением гидронасоса или энергопитания электроусилителя.

В процессе испытаний измеряют и регистрируют:

$\alpha_{\text{н}}$ - угол поворота рулевого колеса, град;

$F_{\text{н}}$ - усилие на рулевом колесе, Н;

v - скорость движения, км/ч;

t - время поворота рулевого колеса, с.

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Прибор для измерения усилия на рулевом колесе и угла ее поворота.
4. Вешки.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) автомобиль оснащается испытательной аппаратурой, позволяющей определять:

- усилие на рулевом колесе;
- угол поворота рулевого колеса.

2) при неподвижном автомобиле с работающим двигателем от положения, соответствующего прямолинейному движению (нейтральное положение рулевого колеса), осуществляется поворот рулевого колеса и регистрируется усилие $F_{\text{н}}$, Н;

3) автомобиль движется со скоростью 10 ± 2 км/ч, и регистрируется усилие поворота рулевого колеса $F_{\text{н}}$, Н из нейтрального положения;

3) делается вывод о соответствии измеренных значений нормативным показателям (п. Выводы протокола испытаний).

Протокол к лабораторной работе №6

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

–климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

–марка, модель, размерность шин _____

–давление воздуха в шинах _____

–общая масса, распределение нагрузки по осям _____

–длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица 6– Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Параметр	Повторность			Среднее	Норматив
	1-ая	2-ая	3-ая		
неподвижный автомобиль					
F_n - усилие на рулевом колесе, Н					
α_n - угол поворота рулевого колеса, град;					
t - время поворота рулевого колеса, с.					
автомобиль движется со скоростью 10 ± 2 км/ч					
F_n - усилие на рулевом колесе, Н					
α_n - угол поворота рулевого колеса, град;					
t - время поворота рулевого колеса, с.					

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа:

Описать влияние эксплуатационных факторов на усилие на рулевом колесе.

Приложение В

Выписка из ГОСТ Р 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний

4 Технические требования

4.1 Усилие на рулевом колесе

Усилие на рулевом колесе автомобиля не должно превышать значений, указанных в таблице В.1.

Таблица В.1 – Нормативные значения усилия на рулевом колесе, Н

Категория АТС	Усилие на рулевом колесе, Н не более			
	Неподвижный автомобиль		Движущийся автомобиль	
	без рулевого усилителя	с рулевым усилителем	с исправным рулевым управлением	при отказе усилителя
M ₁	200	60	150	300
M ₂	250			
M ₃	350	250	200	450
N ₁	300	180		250
N ₂	350		250	
N ₃		250		200

* Для грузовых автомобилей с двумя или большим числом мостов (осей) с управляемыми колесами допускается 500 Н.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ЦЕНТРА МАСС АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: Изучить методы и приборы для определения высоты центра масс автомобиля

Общие понятия и определения:

Центр масс автомобиля определяют для использования его координат при анализе устойчивости автотранспортного средства и расчёте нормальных реакций дороги. Значения нормальных реакций дороги необходимы при расчете силы сцепления колес с опорной поверхностью в тяговом и тормозном режимах движения автомобиля.

Устойчивость автомобиля является важнейшим эксплуатационным свойством, от которого во многом зависит безопасность движения. Нарушение устойчивости автомобиля приводит к снижению безопасности движения, вследствие чего может возникнуть аварийная ситуация или произойти дорожно-транспортное происшествие. Признаком потери автомобилем устойчивости является его скольжение или опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания автомобиля устойчивость может быть продольной или поперечной. Нарушение поперечной устойчивости автомобиля в процессе эксплуатации наиболее вероятно и более опасно, чем нарушение продольной устойчивости.

Высота расположения центра тяжести автомобиля и ширина колеи передних и задних колес оказывают влияние на поперечную устойчивость автомобиля. Так, например, при высоком расположении центра тяжести может произойти опрокидывание автомобиля при действии боковой силы. Это наиболее вероятно при движении автомобиля на поворотах малого радиуса при отсутствии виражей вследствие уменьшения критической скорости автомобиля по опрокидыванию.

Легковые автомобили, движущиеся на поворотах с большой скоростью, обладают высокой устойчивостью, так как имеют низкое расположение центра тяжести и широкую колею передних и задних колес.

Состояние покрытия дороги, радиусы поворотов и виражи оказывают существенное влияние на поперечную устойчивость автомобиля.

При ухудшении состояния дорожного покрытия (дождь, снег, обледенение) значительно уменьшается сцепление колес с дорогой, что может привести к заносу автомобиля.

Наименьшие радиусы поворотов дорог составляют 30 м. При движении на дорогах с малыми радиусами поворотов создаются условия для нарушения поперечной устойчивости автомобиля в связи со снижением его критической скорости по заносу. Поэтому для повышения устойчивости автомобиля на поворотах с небольшими радиусами создают виражи – поперечные уклоны дороги, направленные к центру поворота. Виражи повышают не только устойчивость автомобиля, но и безопасность движения на поворотах.

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Весы автомобильные.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) автомобиль устанавливается на весовые платформы, регистрируются масса автомобиля и нагрузки на оси в горизонтальном положении и заносятся в табл. 7.

2) автомобиль приподнимается, под задние весовые платформы устанавливается площадка высотой H (мм), автомобиль опускается на весы, и производится измерение (рисунок 2). Регистрируются масса автомобиля и нагрузки на оси в наклонном положении и заносятся в табл. 7;

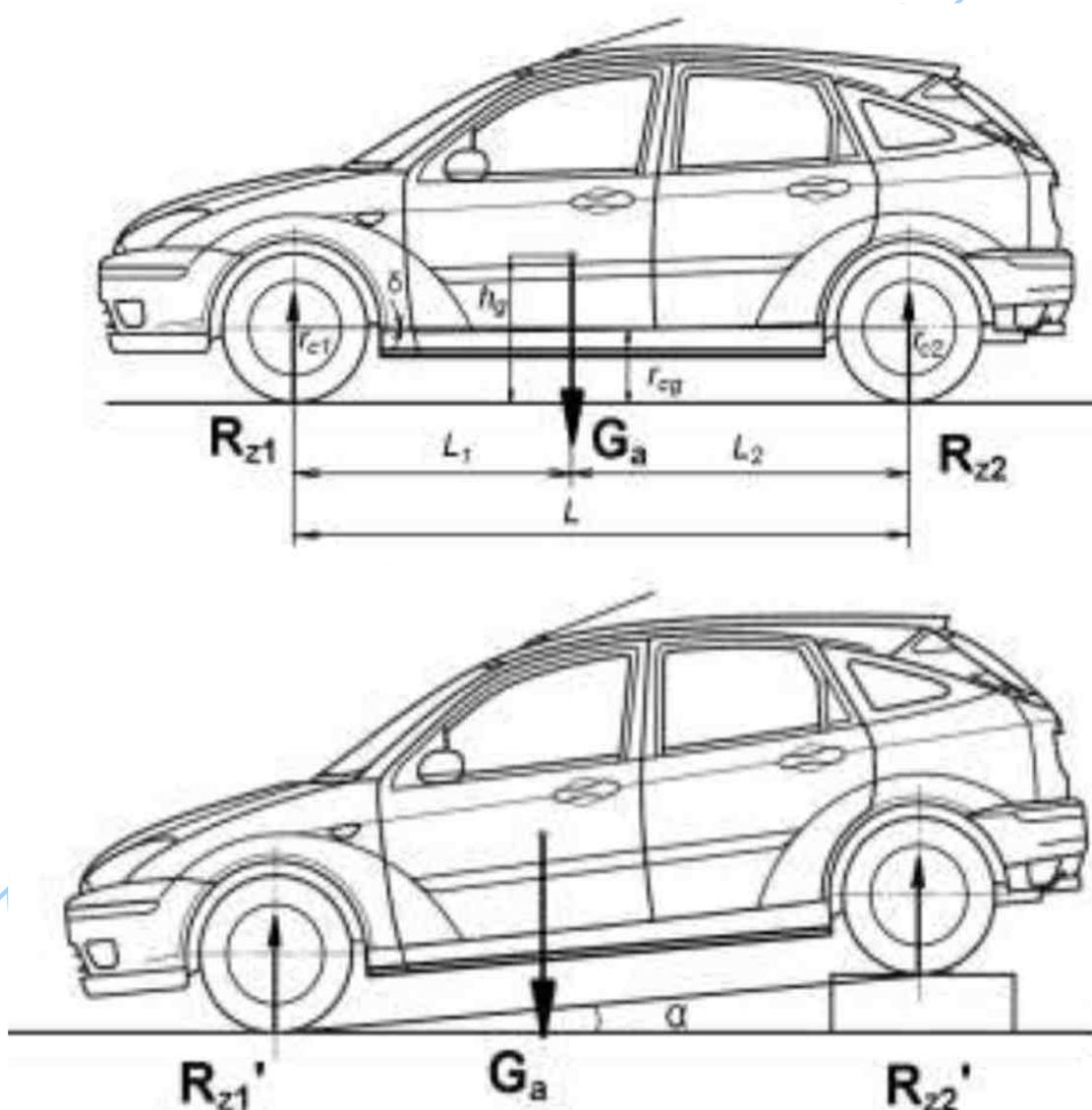


Рисунок – 2 Схема для определения высоты центра масс

1) рассчитывается высота центра масс автомобиля h_g по формуле

$$h_g = r_c + \frac{\Delta m \cdot L}{m_a \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (9)$$

где r_c - средний статический радиус колёс, мм; L - база автомобиля, мм; Δm - разность между нагрузками (массами) на переднюю ось в горизонтальном и наклонном положениях автомобиля, кг; m_a - масса автомобиля, кг; $\operatorname{tg} \alpha$ - значение тангенса угла наклона автомобиля.

За средний статический радиус колёс принимается среднее значение статических радиусов колёс передней и задней осей.

За окончательный результат массы автомобиля принимается среднее арифметическое значение двух полученных значений масс автомобиля в горизонтальном и наклонном положении в соответствии с табл. 7.

Протокол к лабораторной работе №7

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия

– температура дорожного покрытия _____

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Таблица 7 – Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Замер 1 (горизонтальное положение, $\alpha_1 = 0$ рад)		
Нагрузка на		
Переднее левое колесо,	Переднее правое колесо, кг	Переднюю ось, кг
Заднее левое колесо, кг	Заднее правое колесо, кг	Заднюю ось, кг
Общая масса автомобиля, кг		
Замер 2 (наклонное положение, $\alpha_2 = \arctg(H/L)$ рад)		
Нагрузка на		
Переднее левое колесо,	Переднее правое колесо, кг	Переднюю ось, кг
Заднее левое колесо, кг	Заднее правое колесо, кг	Заднюю ось, кг
Общая масса автомобиля, кг		
Прочие замеры		
Статический радиус передних колес, мм		
Статический радиус задних колес, мм		
База автомобиля, мм		
Расчётные показатели		
Средняя масса автомобиля, кг		
Средний статический радиус колёс, мм		
Высота центра масс, мм		

Самостоятельная работа: Рассчитать для экспериментального автомобиля максимальную скорость на повороте радиусом 30 м на влажном асфальте ведущим колесом:

- опрокидыванию;
- потере сцепления колес с поверхностью дороги.

Лабораторная работа №8

ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ТОРМОЗНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Продолжительность работы 4 часа.

1. Цель работы

Изучит методику определения эффективности рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозных систем автомобилей и автопоездов.

2. Содержание работы

Сначала необходимо внимательно ознакомиться с представленным ниже текстом и понять методику определения эффективности рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозных систем автомобилей и автопоездов, и написать отчет о выполненной работе.

3. Испытания автомобилей на тормозную эффективность

При экспериментальной оценке тормозных качеств автомобилей и автопоездов определяется эффективность работы рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозных систем.

В целях единообразия проведения испытаний и обеспечения сопоставимости получаемых результатов условия и методы тормозных испытаний регламентированы как международными, так и отечественными нормативными документами.

Перед этими испытаниями проверяется общее техническое состояние автотранспортных средств и обязательно их тормозных систем.

Для получения показателей, соответствующих тормозным свойствам автомобилей в эксплуатации, перед испытаниями трущиеся элементы тормозов нового автомобиля должны быть приработаны в соответствии с методикой конкретных типов испытаний. При испытаниях новой модели определяется зависимость между усилием на тормозной педали и давлением жидкости в гидравлическом приводе тормозов, а при пневматическом приводе – зависимость между ходом педали и давлением в тормозных камерах.

Эффективность рабочей тормозной системы оценивается в процессе дорожных испытаний величинами тормозного пути, установившимся замедлением, тормозными силами и временем срабатывания тормозного привода.

В соответствии с международными требованиями ЕЭК ООН испытания подразделяются на три типа: испытания «ноль», испытания I и испытания II.

Испытания «ноль» имеют целью определение эффективности тормозной системы при «холодных» тормозах. Холодными считаются рабочие тормозные механизмы, у которых температура на наружных поверхностях тормозных барабанов или дисков не превышает 100° С. Для испытаний типа "0" режимы испытаний приведены в таблице 8.1.

Эти испытания проводятся как с выключенной, так и с включенной передачей. Испытания проводятся в порожнем и груженом состояниях автомобиля на горизонтальном, сухом и прямом участке дороги, с цементобетонным покрытием в хорошем состоянии.

Таблица 8.1 – Режимы испытаний

Категория автомобилей	Наибольший допустимый тормозной путь в м	Начальная скорость при торможении, км/час	Макс. усилие на тормозной педали в кг	Среднее замедление при торможении, м/сек ²
M1	$S \leq 0,1V_0 + V_0^2/150$	80	5,8	5,0
M2	$S \leq 0,15F_0 + F_0^2/130$	60	5,0	7,0
M3	$S \leq 0,15F_0 + F_0^2/130$	60	5,0	7,0
N1	$S \leq 0,15V_0 + V_0^2/115$	70	4,4	7,0
N2	$S \leq 0,15V_0 + V_0^2/115$	50	4,4	7,0
N3	$S \leq 0,15V_0 + V_0^2/115$	40	4,4	7,0

Анализируя данные таблицы 8.1 можно заключить:

1. В отдельные виды испытаний может быть включено торможение автомобилей с более высоких скоростей.

2. При испытаниях автопоезда необходимо учитывать, что для пассажирских автопоездов допустимый тормозной путь определяется по формулам для той категории транспортных средств, к которой автопоезд можно отнести по полному его весу, а для грузового автопоезда максимальный тормозной путь определяется по формуле:

$$S \leq 0,18 V_0 + V_0^2/115.$$

Испытания I проводятся для определения тормозной эффективности рабочей тормозной системы при нагретых рабочих тормозных механизмах. Нагрев тормозов автомобилей осуществляется путём последовательных торможений, а прицепов или полуприцепов – их буксировкой в заторможенном состоянии.

Нагрев тормозов методом периодического или непрерывного торможения применяется для категории транспортных средств M1; M2; N1; N2, а нагрев методом непрерывного торможения – для категорий M3 и N3. Испытания типа "I" проводятся только для полностью загруженных автотранспортных средств.

Испытания тормозов автотранспортных средств путём ряда последовательных торможений автомобиля проводятся в соответствии с условиями и режимами, приведенными в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Режимы циклического торможения

Категория автомобилей	Начальная скорость цикла V_n	Конечная скорость цикла V_k	Время цикла	Кол-во торможений
M1 (но не более)	0,8 от max 120 км/час	$1/2 V_n$	45	15
M2 (но не более)	0,8 от max 100 км/час	$1/2 V_n$	55	15
N1 (но не более)	0,8 от max 120 км/час	$1/2 V_n$	55	15
N2 (но не более)	0,8 от max 60 км/час	$1/2 V_n$	60	20

Начальная температура перед нагревом, измеренная на внешней стороне барабана или диска, не должна превышать 100 °С. Нагрев тормозов производится путём "и"- кратных следующих друг за другом разгонов и торможений от V_n до V_k с заданным интервалом времени.

Непосредственно после окончания нагревания производится испытание эффективности рабочего тормоза. Первое торможение производится с усилием нажатия, которое соответствует среднему замедлению 3 м/сек². Это усилие на тормозную педаль должно оставаться постоянным в течении всех последующих торможений. Во время торможения остаётся включенной самая высокая передача, кроме ускоряющей. При возобновлении движения после торможения разгон должен производиться так, чтобы требуемая начальная скорость для последующего торможения была достигнута в течение возможно более короткого отрезка времени. По окончании процесса нагрева эффективность работы тормозов определяется как при испытаниях типа "0" (но при другом температурном режиме). При этом остаточная эффективность рабочих тормозов должна быть не ниже 80 % эффективности, предписанной для данной категории автомобиля и не ниже 60 % эффективности при испытании "0".

Испытания II проводятся для определения эффективности рабочей тормозной системы на затяжных спусках. В этих испытаниях также предварительно нагреваются тормозные механизмы, а затем проводятся контрольные торможения по методике испытаний «ноль».

Тормозные качества автомобиля характеризуются многими показателями, основными из которых являются четыре:

- 1) величина пути торможения;
- 2) величина замедления при торможении;

3) время срабатывания тормозного привода;

4) усилия на тормозной педали и в рабочих тормозных механизмах. Эффективность запасной тормозной системы, которая предназначена для использования при выходе из строя рабочей тормозной системы, определяется при различных вариантах преднамеренного выключения тормозов одного или двух колёс по методике испытаний «ноль» и при выключенном двигателе.

Эффективность стояночной тормозной системы определяется по суммарной тормозной силе, развиваемой тормозными механизмами и сопротивлением движению автомобиля.

Для проверки эффективности стояночного тормоза автомобиль с номинальной нагрузкой устанавливается на наклонную плоскость дороги с твёрдой, ровной и сухой поверхностью и затормаживается стояночным тормозом. Он должен быть в «холодном» состоянии. Коробка передач автомобиля должна находиться в нейтральном положении. Величина уклона для одиночного автомобиля должна быть не менее 16 %, а для автопоезда – не менее 12 %. Усилие (наименьшее), которое необходимо приложить к рычагу при приведении в действие стояночного тормоза для остановки автомобиля должно быть измерено посредством динамометра (оно не должно превышать 60 кг). Время удержания автомобиля на заданном уклоне, после каждого затормаживания, должно быть не менее 5 мин. Опыт повторяется после разворота на 180°. Если стояночный тормоз рассчитан на применение в качестве запасного при выходе из строя основного рабочего тормоза, следует проверить его эффективность при затормаживании движущегося автомобиля со скоростями 30 км/ч и 50 км/ч.

Эффективность вспомогательной тормозной системы определяется по величине суммарной тормозной силы, развиваемой механизмами этой системы и сопротивлением движению. Испытания проводятся тремя способами.

1. Автотранспортное средство в заторможенном состоянии спускается на участке дороги, имеющей продольный уклон 7 % и протяжённость 6 км. При этом тормозная система должна обеспечивать спуск испытываемого автомобиля или автопоезда со стабильной скоростью 30 ± 2 км/час при наличии замедлителя и не более 30 ± 5 км/час при торможении двигателем.

2. Автотранспортное средство в заторможенном состоянии буксируется по горизонтальной дороге с помощью автомобиля-тягача на жёсткой сцепке с динамо-графом. При этом определяется установившаяся сила тяги в сцепном устройстве при скорости 30 ± 1 км/час.

3. Автотранспортное средство затормаживается частично, то есть в заданном интервале скоростей (от 35 до 25 км/час. Торможение производится с включённой передачей в трансмиссии, отвечающей тем же требованиям, что и при испытаниях типа II. При испытаниях фиксируется зависимость скорости от времени.

Испытания вспомогательной тормозной системы проводятся не менее двух раз интервалами для охлаждения. Испытания устройств для регулирования или ограничения тормозных усилий на колёсах (обычно задних) проводятся с целью

подбора оптимальных регулировок антиблокировочных систем, устраняющих блокировку колёс, занос машины и потерю управляемости, особенно при торможении на дорогах с низким коэффициентом сцепления. Испытания предусматривают несколько серий торможений на дорогах с ровным цементобетонным или асфальтобетонным покрытием при сухом, мокром и обледенелом состоянии. Измеряются тормозной путь и отклонение машины от прямолинейного движения.

Аппаратура, применяемая при испытаниях тормозных систем, должна обеспечивать измерение и запись всех величин, характеризующих процесс торможения на различных режимах (тормозной путь, время торможения, замедление, начальную скорость торможения, изменение скорости в функции пути или времени, усилия на органах управления, температуру тормозных механизмов).

Для регистрации скорости движения в функции пути или времени применяется «пятое колесо», а для оценки замедления – деселерометры. Усилия на органах управления в тормозных механизмах и давление в тормозных приводах в основном определяются на тормозных испытательных стендах, оборудованных соответствующей аппаратурой. На стендах обеспечиваются более повышенные требования к точности проведения испытаний и замеров.

Начало торможения и тормозной путь могут определяться с помощью пистолета, стреляющего краской на дорогу (рис. 3). В баллоне внизу находится краска, вверху воздух под давлением. При повороте рычага стояночного тормоза или при нажатии на тормозную педаль краска выстреливается на дорогу.

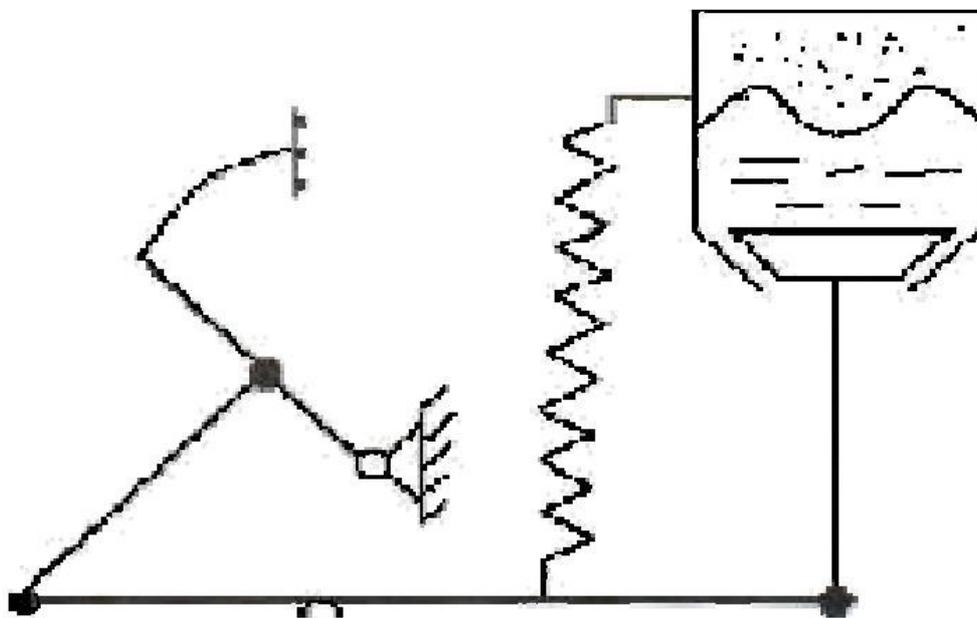


Рисунок 3 - Пистолет, стреляющий краской

Подготовка автомобиля - обязательный начальный этап тормозных испытаний. Автомобиль должен быть тщательно отрегулирован в строгом соответствии с требованиями инструкции завода-изготовителя и проверен в

работе во всём диапазоне нагрузок и оборотов. Проводится определение весового состояния автомобиля. Кроме того, автомобиль должен пройти предварительную обработку не менее 200 км, шины должны иметь пробег не менее 500 км, а их износ не должен превышать 50%. Давление в шинах должно соответствовать техническим условиям завода-изготовителя. Для тормозов с пневмоприводом проверяются показатели, оговоренные в ГОСТ 4364-67.

Перед испытаниями в тормозной системе обязательно выполняется комплекс подготовительных работ:

- проверяется состояние тормозных барабанов и фрикционных накладок, если нужно, то они очищаются и промываются;
- устанавливается рекомендуемый зазор между тормозными колодками и барабаном или тормозными накладками и диском;
- проверяется герметичность привода тормозов;
- проверяется свободный ход тормозной педали.

Если перед испытаниями степень приработки поверхности колодок или накладок составляет не менее 90 %, автомобиль направляется на проведение стендовых испытаний для определения величины тормозных усилий, развиваемых на каждом колесе и одновременности срабатывания тормозов на колёсах каждой оси. Если приработка составляет менее 90 % рабочей поверхности накладок или колодок, необходимо проводить специальную приработку, которая выполняется путём многократного притормаживания по 3...4 торможения с начальной скоростью $V_0 = 0,8V_{max}$ км/ч до конечной скорости $V_k = 0,5V_0$ км/ч, при этом замедление должно быть не менее $j = 3$ м/с². Температура нагрева барабанов или дисков при испытаниях не должна превышать 100 °С. После 3...4 торможений должно быть предусмотрено охлаждение тормозов путём остановки автомобиля не менее, чем на 25 мин, или путём пробега в течение не менее 15 мин без применения тормозов со скоростью $V = 70$ км/ч.

Для оценки эффективности мокрых тормозов предварительно определяется эффективность сухих тормозов трёхкратным торможением с постоянным усилием на педали тормоза. Прогнав автомобиль через мелководную ванну (на полигоне) начинается серия новых торможений с увеличением усилия на педали. Циклы повторяются до тех пор, пока усилие на педали не станет равным первоначальному. Число необходимых торможений в этом цикле является оценкой эффективности мокрых тормозов.

Дополнительные испытания автотранспортных средств, имеющих ограничители давления в тормозной системе или антиблокировочные системы, проводятся при торможении на повороте в режиме изменения ряда («переставка») и на дороге с разными коэффициентами сцепления под правым и левым колёсами. Испытания проводятся как с соединёнными двигателем и трансмиссией, так и с разъединёнными, а также с полной нагрузкой и без неё. За начальную скорость торможения принимается максимальная скорость, с которой автомобиль проходит заданный участок без заноса и опрокидывания.

Следует отметить, что экспериментальные данные по тормозным качествам автомобилей, отличаются от теоретических (расчётных). Это объясняется различной интенсивностью нагрева тормозов в реальных условиях движения, изменением развесовки по осям автомобиля, деформациями элементов тормозных устройств, попаданием влаги, не стабильностью давления в приводе тормозов (при изменении температуры окружающей среды) и др.

В настоящее время проведение тормозных испытаний за рубежом характеризуется наличием множества фирменных и национальных методик, отличающихся друг от друга по целому ряду основных положений, включая критерии оценки эффективности тормозных качеств, объёма и содержания работ по подготовке и проведению испытаний.

Учитывая исключительную важность вопроса надёжной и эффективной работы тормозных систем, подкомитетом по автомобильному транспорту Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) разработан проект предписаний, относящихся к торможению автотранспортных средств, который к настоящему времени претерпел несколько редакций, незначительно отличающихся друг от друга. В указанном проекте предписаний изложены основные требования к конструкциям тормозных систем автомобилей и автопоездов, а также к некоторым элементам методики их испытаний, которая предусматривает испытания в последовательности, которая принята и в Российской Федерации:

- 1) подготовка автомобиля к испытанию;
- 2) проведение стендовых испытаний по определению эффективности работы тормозов каждого колеса и одновременности их срабатывания;
- 3) проведение испытаний по определению эффективности "холодного" тормоза;
- 4) проведение испытаний по определению эффективности нагретого тормоза;
- 5) проведение испытаний по определению эффективности стояночного тормоза;
- 6) составление технического отчёта и заключения по результатам проведенных испытаний в соответствии с международными требованиями.

Самостоятельная работа: Выполнить отчет согласно содержанию.

Содержание отчета

В отчете о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Что должно быть сделано в первую очередь при испытании новых автомобилей?
2. По каким показателям оценивают эффективность работы рабочей тормозной системы в процессе дорожных испытаний?
3. Каковы режимы испытаний типа «ноль» грузовых автомобилей полной массой более 15 тонн?

4. Каков режим нагрева рабочих тормозных механизмов при испытании типа «1» легковых автомобилей с числом мест пассажиров до 8 включительно?

5. Какова должна быть по величине остаточная эффективность после окончательного нагрева рабочих тормозов?

6. Какие показатели оценивают тормозные качества автомобилей?

7. Как определяется эффективность запасной тормозной системы?

8. Какова методика проверки эффективности стояночной тормозной системы?

9. Какой из трех способов испытания вспомогательной тормозной системы, по вашему мнению, наиболее приемлем?

10. Что понимается под «тормозным путем»?

11. Как определяется величина тормозного пути в дорожных испытаниях?

12. Из каких операций состоит подготовка автомобиля к испытаниям на тормозную эффективность?

13. В каком случае и как проводится специальная приработка рабочей поверхности накладок тормозных колодок?

14. Как проводятся дополнительные испытания автомобилей, имеющих антиблокировочную тормозную систему?

15. Какую последовательность предусматривает методика испытания автомобилей на тормозную эффективность?

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ГОСТ Р 51709 – 2001 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки

Таблица Г.1 – Классификация АТС

Категория	Разрешенная максимальная масса*, т	Характеристика АТС
M1	-	Для перевозки пассажиров (АТС, имеющие не более восьми мест для сидения, кроме водителя)
M2	До 5**	То же (АТС, имеющие более восьми мест для сидения, кроме места водителя)
M3	Св. 5**	
N1	До 3,5***	Для перевозки грузов
N2	Св. 3,5 до 12,0***	
N3	Св. 12,0***	
O1	До 0,75	Буксируемые АТС – прицепы
O2	Св. 0,75 до 3,5	Буксируемые АТС – прицепы и полуприцепы
O3	От 3,5 до 10*4	Буксируемые АТС – прицепы и полуприцепы***

4 Требования к техническому состоянию АТС

4.1 Требования к тормозному управлению

4.1.1. Рабочая тормозная система АТС должна обеспечивать выполнение нормативов эффективности торможения на стендах согласно таблице Г.1 либо в дорожных условиях таблице Г.2 или Г.3. Начальная скорость торможения при проверках в дорожных условиях — 40 км/ч. Масса АТС при проверках не должна превышать разрешенной максимальной.

Примечание — Применение показателей эффективности торможения и устойчивости АТС при торможении, а также методов их проверки приведено в Г.2.

4.1.2 В дорожных условиях при торможении рабочей тормозной системой с начальной скоростью торможения 40 км/ч АТС не должно ни одной своей частью выходить из нормативного коридора движения шириной 3м.

Таблица Г.2 — Нормативы эффективности торможения АТС рабочей тормозной, системой при проверках на стендах

АТС	Категория АТС	Усилие на органе управления Р12,Н, не более	Удельная тормозная сила γ_1 , не менее
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M1	490	0,59
Грузовые автомобили	M2, M3	686	0,51
Грузовые автомобили	N1, N2, N3	686	0,51

Таблица Г.3 — Нормативы эффективности торможения АТС рабочей тормозной системой при проверках дорожных условий

АТС	Категория АТС (тягача в составе автопоезда)	Усилие на органе управления $F_{р.т.}$, Н, не более	Установленное замедление $j_{уст}$, м/с ² , не менее	Время срабатывания тормозной системы $t_{вр}$, ч, не более
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M1	490	5,8	0,6
Легковые автомобили с прицепом	M2, M3	686	5,0	0,8 (1,0)
Грузовые автомобили	N1,N2,N3	686	5,0	0,8 (1,0)
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	N1,N2,N3	686	5,0	0,9 (1,3)

Примечание: Значения в скобках – для АТС, изготовленных до 01.01.1981.

4.1.3 При проверках на стендах допускается относительная разность тормозных сил колес оси (в процентах от наибольшего значения) для АТС категорий M1 M2, M3 и передних осей автомобилей прицепов категорий N1, N2, N3, O2, O3, O4 не более 20

%, а для полуприцепов и последующих ей автомобилей и прицепов категорий N1, N2, N3, O2, O3, O4 — 25 %.

4.1.4 При проверках на стендах рабочей тормозной системы прицепов и полуприцепов (за исключением прицепов-ропусков и полуприцепов с числом осей, более трех) удельная тормозная сила должна быть не менее 0,5 для прицепов с двумя и более осями и не менее 0,45 — для прицепов с одной (центральной) осью и полуприцепов.

4.1.5 Стояночная тормозная система для АТС разрешенной максимальной массы должна обеспечивать удельную тормозную силу не менее 0,16 или неподвижное состояние АТС на опорной поверхности с уклоном не менее 16 %. Для АТС в снаряженном состоянии стояночная тормозная система должна обеспечивать расчетную удельную тормозную силу, равную 0,6 отношения снаряженной массы, приходящейся на оси, на которые воздействует стояночная тормозная система, к снаряженной массе, или неподвижное состояние АТС на поверхности с уклоном не менее 23 % для АТС категорий М1—М3 и не менее 31 % — для категорий N1—N3.

Усиление, прикладываемое к органу управления стояночной тормозной системы для приведения ее в действие, должно быть не более 392 Н для АТС категории М1 и 588 Н — для АТС остальных категорий.

4.1.6. Вспомогательная тормозная система, за исключением моторного замедлителя, при проверках в дорожных условиях в диапазоне скоростей 25...35 км/ч должна обеспечивать установившееся замедление не менее 0,5 м/с² для АТС разрешенной максимальной массы и 0,8 м/с² — для АТС в снаряженном состоянии с учетом массы водителя. Моторный замедлитель должен быть работоспособен.

4.1.7 Запасная тормозная система, снабженная независимым от других тормозных систем органом управления, должна обеспечивать соответствие нормативам показателей эффективности торможения АТС на стенде согласно таблице Г.4, либо в дорожных условиях согласно таблице Г.5 или Г.6. Начальная скорость торможения при проверках в дорожных условиях — 40 км/ч.

Таблица Г.4 — Нормативы эффективности торможения АТС запасной тормозной системой при проверках

АТС	Категория АТС	Усиление на органе управления $F_{з.т.}$, Н, не более	Удельная тормозная сила $F_{уд}$, не менее
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	М1	490(392*)	0,295
	М2, М3	686 (589*)	0,255
Грузовые автомобили	N1,N2,N3	686 (589*)	0,220

4.1.8 Допускается падение давления воздуха в пневматическом или пневмогидравлическом тормозном приводе при неработающем двигателе не более чем на 0,05 МПа от значения нижнего предела регулирования регулятором давления в течение:

30 мин — при свободном положении органа управления тормозной системы;

15 мин — после полного приведения в действие органа управления тормозной системы.

Утечки вжатого воздуха из колесных тормозных камер не допускаются.

Таблица Г.5 — Нормативы эффективности торможения АТС запасной тормозной системой при проверках в дорожных условиях

АТС	Категория АТС	Усилие на органе управления $F_{з.т.}$, Н, не более	Удельная тормозная сила $F_{уд}$, не менее
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M1	490(392*)	25,3
	M2, M3	686 (589*)	30,6
Легковые автомобили с прицепом	M1	490 (589*)	33,8
Грузовые автомобили	N1,N2,N3	686 (589*)	35,8
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	N1,N2,N3	686 (589*)	35,0
Для АТС с ручным управлением запасной тормозной системы			

4.1.9 Для АТС с двигателем давление на контрольных выводах ресиверов пневматического тормозного привода при работающем двигателе допускается от 0,65 до 0,85 МПа, а для прицепов (полуприцепов) — не менее 0,48 МПа при подсоединении к тягачу по однопроводному приводу и не менее 0,63 МПа — при подсоединении по двухпроводному приводу.

4.1.10 Наличие видимых мест перетирания, коррозии, механических повреждений, перегибов или нарушения герметичности трубопроводов или соединений в тормозном приводе, подтекания тормозной жидкости, деталей в тормозном приводе с трещинами и остаточной деформацией не допускается.

Таблица Г.6 — Нормативы эффективности торможения АТС запасной тормозной системой при проверках в дорожных условиях

АТС	Категория АТС (тягача в составе автопоезда)	Усилие на органе управления $F_{з.т.}$, Н, не более	Установленное замедление $j_{уст}$, м/с ² , не менее	Время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, ч, не более
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M1	490(392*)	2,9	0,6
Легковые автомобили с прицепом	M2, M3	686 (589*)	2,5	0,8 (1,0**)
Грузовые автомобили	N1,N2,N3	490 (392**)	2,9	0,6
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	N1,N2,N3	686 (589*)	2,2	0,8 (1,0**)
* Для АТС с ручным управлением запасной тормозной системой				
** Для АТС, изготовленных до 01.01.1981				

4.1.11 Система сигнализации и контроля тормозных систем, манометры пневматического и пневмогидравлического тормозного привода, устройство фиксации органа управления стояночной тормозной системы должны быть работоспособны.

4.1.12 Гибкие тормозные шланги, передающие давление сжатого воздуха или тормозной жидкости колесным тормозным механизмам, должны соединяться друг с другом без дополнительных переходных элементов (для АТС, изготовленных после 01.01.1981). Расположение и длина гибких тормозных шлангов должны обеспечивать герметичность соединений с учетом максимальных деформаций упругих элементов подвески и углов поворота колес АТС. Набухание шлангов под давлением, трещины и наличие на них видимых мест перетирания не допускаются.

4.1.13 Расположение и длина соединительных шлангов пневматического тормозного привода автопоездов должны исключать их повреждения при взаимных перемещениях тягача и прицепа (полуприцепа).

4.1.14 Действие рабочей и запасной тормозных систем должно быть регулируемым:

- уменьшение или увеличение силы торможения должно обеспечиваться путем воздействия на орган управления тормозной системы во всем диапазоне регулирования силы торможения;

- сила торможения должна изменяться в том же направлении, что и воздействие на орган управления

- сила торможения должна регулироваться плавно и без затруднений.

4.1.15 Давление на контрольном выводе регулятора тормозных сил в составе тормозного пневмопривода в положениях разрешенной максимальной массы и снаряженного состояния АТС или усилие натяжения свободного конца пружины регулятора, снабженного рычажной связью с задним мостом, в составе тормозного гидропривода должно соответствовать значениям, указанным в установленной на АТС табличке изготовителя или эксплуатационной документации.

4.1.16 АТС, оборудованные антиблокировочными тормозными системами (АБС), при торможениях в снаряженном состоянии (с учетом массы водителя) с начальной скоростью не менее 40 км/ч должны двигаться в пределах коридора движения без видимых следов увода и заноса, а их колеса не должны оставлять следов юза на дорожном покрытии до момента отключения АБС при достижении скорости движения, соответствующей порогу отключения АБС (не более 15 км/ч). Функционирование сигнализаторов АБС должно соответствовать ее исправному состоянию.

4.1.17 Свободный ход устройства управления инерционного тормоза прицепов категорий О1 и О2 должен соответствовать требованиям, установленным изготовителем АТС в эксплуатационной документации.

4.1.18 При отсоединенном приводе инерционного тормоза прицепов категории О1 усилие вталкивания сцепного устройства прицепа должно быть не менее 200 Н, а прицепов категории О2 — не менее 350 Н.

ОЦЕНКА ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ

Цель работы: Определить время торможения, замедление автомобиля и продольный коэффициент сцепления колеса.

Общие понятия и определения:

Движение автомобиля по дороге будет происходить без проскальзывания и буксования, если сила тяги будет равна или меньше силы трения (сцепления) между ведущими колесами и поверхностью дороги T . Максимальная сила сцепления (или реакции дороги) T пропорциональна нагрузке на ведущие колеса автомобиля:

$$T_{max} = \varphi G_{сц}, \quad (10)$$

где φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Условие движения автомобиля без проскальзывания и буксования имеет вид:

$$P_k = P_p \leq T_{max} = \varphi G_{сц}. \quad (11)$$

Различают два вида коэффициента сцепления при движении автомобиля на кривой в плане:

- коэффициент продольного сцепления φ_1 , соответствующий началу пробуксовывания колеса при его качении в плоскости движения без боковой силы;
- коэффициент поперечного сцепления φ_2 , при движении колеса под углом к плоскости движения, когда колеса одновременно вращаются и скользят вбок то есть автомобиль движется по криволинейной траектории.

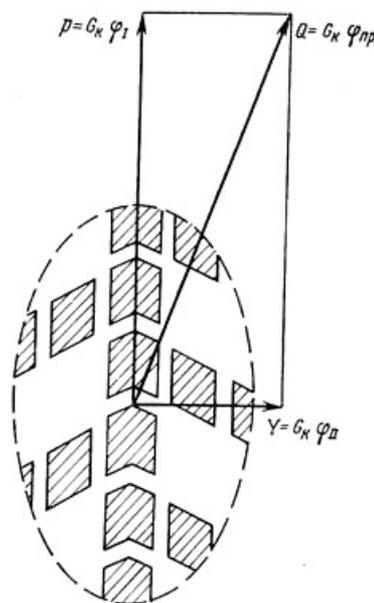


Рисунок 4 – Силы, действующие на автомобиль в плоскости дороги при движении по криволинейной траектории

От величины продольного коэффициента сцепления φ_1 зависит безопасность движения при торможении автомобиля, от величины поперечного коэффициента сцепления φ_2 безопасность от заноса в бок. Величина коэффициента сцепления зависит от типа и состояния поверхности покрытия, В таблице 9 приведены значения коэффициентов сцепления для различных типов покрытий.

Таблица 9 – Коэффициент сцепления φ

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления
Асфальт, бетон	сухой	0,7 ÷ 0,8
	мокрый	0,5 ÷ 0,6
	грязный	0,25 ÷ 0,45
Булыжник, брусчатка	сухие	0,6 ÷ 0,7
	мокрые	0,4 ÷ 0,5
Грунтовая дорога	сухая	0,5 ÷ 0,6
	мокрая	0,2 ÷ 0,4
	грязная	0,15 ÷ 0,30
Песок	влажный	0,4 ÷ 0,5
	сухой	0,2 ÷ 0,3
Асфальт, бетон	обледенелые	0,09 ÷ 0,10
Укатанный снег	обледенелый	0,12 ÷ 0,15
Укатанный снег	без ледяной корки	0,22 ÷ 0,25
Укатанный снег	обледенелый, после россыпи песка	0,17 ÷ 0,26
Укатанный снег	без ледяной корки, после россыпи песка	0,30 ÷ 0,38

Минимальные значения коэффициентов сцепления на дорогах I – III категорий при увлажненной поверхности покрытия и скорости движения 60 км/ч не должны быть менее:

для легких условий движения ($R > 1000$ м, $i < 30^\circ$) – $\varphi = 0,45$;

для затрудненных условий ($250 < R < 1000$ м, $30^\circ < i < 60^\circ$) – $\varphi = 0,5 - 0,45$;

для опасных условий движения (участки с видимостью меньшей, чем расчетная, с уклонами более допустимых, в зоне пересечения в одном уровне) – $\varphi = 0,6$.

Поэтому наряду с динамическими характеристиками по мощности используются динамические характеристики по условию сцепления.

Если принять, что $G = G_{сц}$ (что справедливо, если на все колеса автомобиля передается вращающийся момент), то максимальная сила тяги должна быть меньше силы сцепления:

$$P_{кас} < \varphi G. \quad (12)$$

Тогда динамический фактор по условиям сцепления

$$D_{cy} = \frac{\varphi G - P_w}{G} = \varphi - \frac{P_w}{G}. \quad (13)$$

Значения динамического фактора по сцеплению D_{cy} для различных φ наносятся на график динамических характеристик автомобиля (рисунок 5).

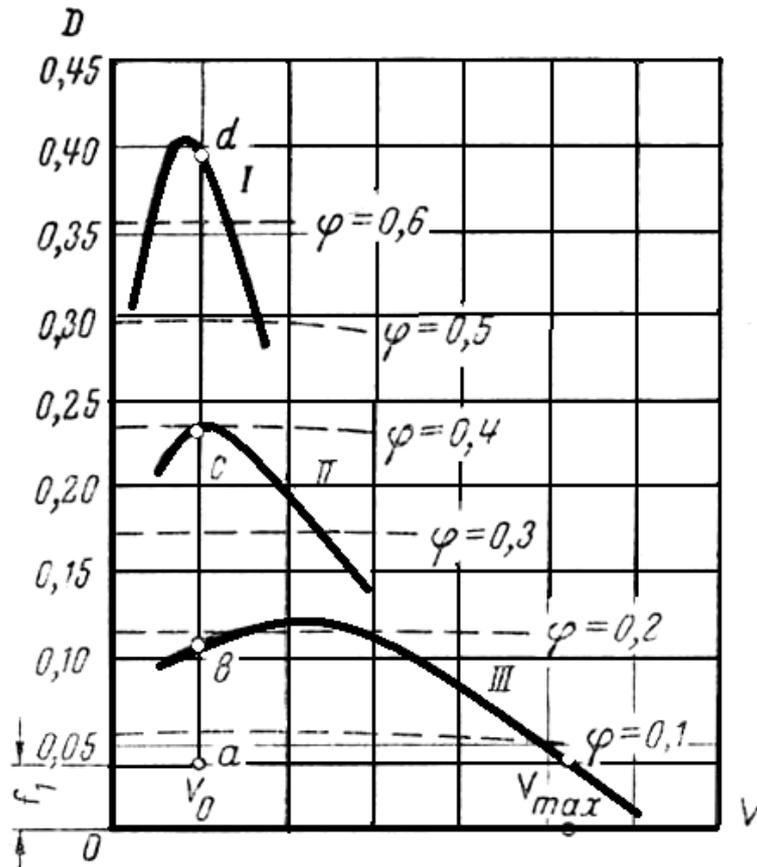


Рисунок 5 – Динамические характеристики автомобиля по сцеплению:
 ----- по силе тяги; - - - - - по сцеплению; I – III – передачи

В то же время, если коэффициент сцепления на дороге при движении на II передаче будет меньше 0,4, то уклон, равный ac , автомобиль преодолеть не сможет, так как возможное по мощности тяговое усилие не сможет быть реализовано из-за недостаточной величины реакции дороги T .

Итак, для возможности безопасного движения необходимо и достаточно, чтобы выполнялись два условия:

Сила тяги должна быть больше или равна всех сил сопротивления движению $P_{кас} > \Sigma P_i$.

Сила тяги должна быть меньше или равна максимально возможной силе сцепления $P_{кас} \leq T = \varphi G_{cy}$.

Торможение автомобиля

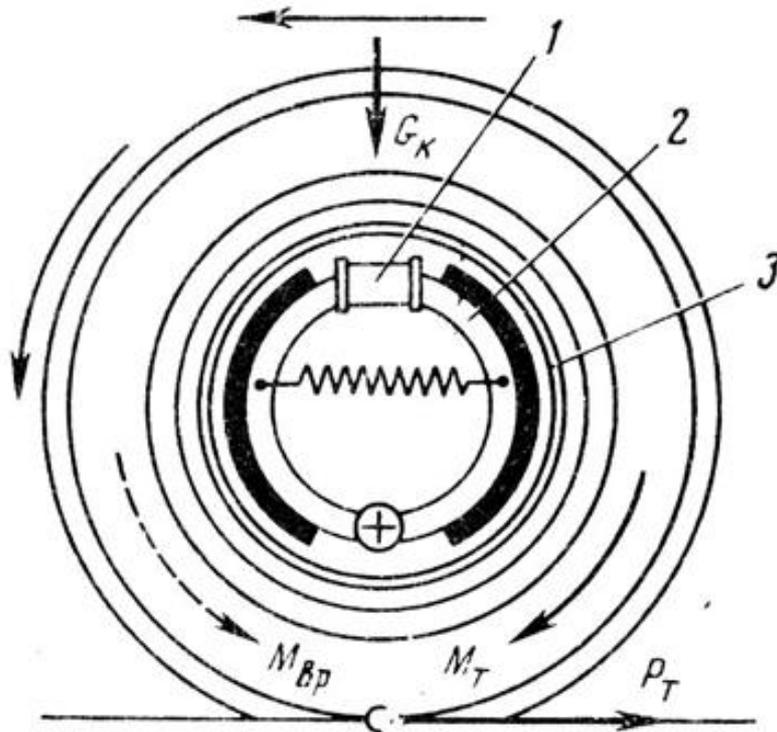
В процессе торможения автомобиля вместо вращающего момента на ведущие колеса автомобиля подается тормозной момент (рисунок 6).

В уравнение движения при торможении вместо тягового усилия P_p подставляют тормозную силу P_T , направленную в сторону, обратную движению. Уравнение движения при торможении имеет вид:

$$-P_T = P_f + P_w \pm P_i - P_j.$$

Величина тормозной силы определяется из выражения:

$$P_T = \gamma_T G,$$



1 – тормозные цилиндры, прижимающие тормозные колодки к барабану;
2 – тормозная колодка; 3 – тормозной барабан; $M_{вp}$ – крутящий момент; P_T – тормозная сила; M_T – тормозной момент; G_K – вес автомобиля, приходящийся на колесо

Рисунок 6 – Силы, действующие на колесо при торможении:

где γ_T – коэффициент удельной тормозной силы, равный отношению суммы тормозных сил, возникающих на всех тормозных колесах, к весу автомобиля.

Решим уравнение движения относительно отрицательного ускорения j :

$$j = \frac{1}{\delta} \left(\frac{P_w}{G} + \gamma_T \pm i + f \right), \quad (14)$$

где δ – коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс автомобиля, равный 1,03...1,07 – для прямой передачи и 1,6...2,0 – для низких передач.

В современных автомобилях с тормозами на всех колесах при аварийном торможении, предельная величина γ_T равна коэффициенту сцепления шины с покрытием ϕ при движении по прямолинейному участку дороги и ϕ_1 – при движении по кривой в плане.

Поскольку при торможении скорость автомобиля резко снижается сопротивлением воздуха можно пренебречь, тогда при $\delta = 1$ (прямая передача):

$$j = (\varphi \pm i + f) \quad (15)$$

При назначении геометрических элементов дорог нормируется величина пути, на которой водитель может остановить автомобиль, движущийся с расчетной скоростью. Путь полного торможения можно найти по формуле равнозамедленного движения:

$$V = \sqrt{2a S_m}, \quad (16)$$

где a – абсолютное отрицательное ускорение, м/с^2

$$a = gj = g(\varphi \pm i + f). \quad (17)$$

Итак, тормозной путь при V в м/с :

$$S_m = \frac{V^2 K_3}{2g(\varphi + f \pm i)}, \quad (18)$$

где K_3 – коэффициент эффективности торможения, учитывающий эксплуатационное состояние тормозов, равен 1,2 для легковых автомобилей и 1,3...1,4 для грузовых автомобилей.

Оборудование и приборы:

1. Автомобиль ГАЗ-3309.
2. Рулетка (20 м).
3. Секундомер.
4. Вешки.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1) автомобиль оснащается испытательной аппаратурой, позволяющей определять:

- скорость автомобиля;
- усилие нажатия на педаль тормоза;
- замедление автомобиля;

2) выполняется испытательный заезд: автомобиль разгоняется до скорости не менее 50 км/ч, отсоединяется двигатель от трансмиссии и производится служебное торможение рабочей тормозной системой до полной остановки. Фиксируется расстояние до полной остановки от начала торможения и время торможения;

3) для выполненного испытательного заезда преподавателем указывается интервал скоростей на участке торможения для последующей обработки (V_n – начальная скорость, км/ч; V_k – конечная скорость, км/ч);

4) заполняется протокол лабораторной работы.

Протокол к лабораторной работе №9

Номер испытательного заезда _____

Дата выполнения _____

Место испытаний _____

Испытатель (Ф.И.О., рост, вес) _____

Условия проведения испытаний: – состояние дорожного покрытия _____

– температура дорожного покрытия _____

– климатические условия (осадки, ветер, температура воздуха, наличие солнечной радиации) _____

Характеристики объекта испытаний:

– марка, модель, размерность шин _____

– давление воздуха в шинах _____

– общая масса, распределение нагрузки по осям _____

– длина, ширина, высота, база, колея колёс _____

Измерительная и регистрирующая аппаратура _____

Таблица 10 – Экспериментальные данные и результаты выполнения обработки

Параметр	Расчетная формула	Начальная скорость V_k , км/ч и повторность измерения					
		50 1-ая	50 2-ая	70 1-ая	70 2-ая	90 1-ая	90 2-ая
Время t_n соответствующее V_n , с							
Время t_k соответствующее V_k , с							
Тормозной путь S , м							
Время торможения $t_{тор}$, с	$t_k - t_n$						
Замедление j_x , м/с ²	$(V_n - V_k)/t_{тор}$						
Продольный коэффициент сцепления φ_x	$\varphi_x = j_x/g$						

5. По экспериментальным данным строится график торможения: зависимость $j_x = f(t)$ от момента нажатия на педаль тормоза до полной остановки автомобиля.



Дата _____

Выводы по результатам выполнения лабораторной работы: _____

Подпись исполнителя _____

Подпись руководителя _____

Самостоятельная работа: Описать влияние эксплуатационных факторов (скорость движения; величина нагрузки на колесо, его размеры; размер, конструкция, материал, внутреннее давление пневматической шины, протектор с его изменяющейся жесткостью, гистерезисом и рисунком; условия контакта шины с покрытием; тип и состояние дорожного покрытия; износ покрытия и шины; материал и методы строительства; климатические условия и т.п.) на качество сцепления колес с дорогой.

Лабораторная работа 10

**ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ЦЕЛЮ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ**

**Определение динамических качеств автомобиля при разгоне и
затухающем движении, топливной экономичности при различных
скоростях движения**

Цель работы: Определить динамические качества автомобиля при разгоне и затухающем движении, топливную экономичность при различных скоростях движения. Ознакомиться с методикой испытаний, приборным обеспечением и получают навыки по обработке полученных результатов.

Общие сведения:

Для получения экспериментальных данных следует:

- а) выбрать и разметить дорожный участок;
- б) ознакомиться с методикой испытаний, устройством и принципом работы приборов и размещением их на автомобиле;
- в) испытать автомобиль на разгон;
- г) испытать автомобиль на накат;
- д) испытать автомобиль на торможение;
- е) испытать автомобиль на топливную экономичность;
- ж) обработать результаты испытаний.

Выбор и разметка дорожного участка

Испытания автомобиля должны проводиться на участке дороги, к которому предъявляются следующие требования:

- а) длина - не менее 4 км;
- б) продольный профиль - горизонтальный,*' поперечный - без уклона;
- в) план дороги - прямой и без пересечения;
- г) покрытие - ровное, без выбоин, асфальтобетонное;
- д) участок должен быть свободен от движения автотранспортных средств.

В середине выбранного участка отмеряется мерный отрезок длиной 200-300 м с указанием отметок в начале и конце отрезка.

Оборудование и приборы:

- 1. Автомобиль ГАЗ-3309.
- 2. Рулетка (20 м).
- 3. Секундомер.
- 4. Вешки.
- 5. Расходомер топлива

Техническая характеристика автомобиля

Модель автомобиля ГАЗ-3309

Длина, м	6,436
Ширина (по зеркалам), м	2,700
Высота (по кабине без нагрузки) , м	2,350
Высота (по тенту без нагрузки) , м	2,905
База, м	3,770
Колея передних колёс, м	1,630
Колея задних колес (между серединами двойных скатов), м	1,690
Дорожный просвет автомобиля с полной нагрузкой, мм	265

Радиус поворота автомобиля по оси следа переднего внешнего колеса, м	8
Погрузочная высота платформы, м	1,365
Длина и ширина погрузочной платформы (по внутренним сторонам), м	3,490 и 2,170
Высота бортов платформы, м	0,51
Масса автомобиля в снаряженном состоянии, т	3,530 – без тента и 3,680 – с платформой и тентом.
Грузоподъемность автомобиля, т	4,5
Полная масса автомобиля, т	8,180
Максимальная скорость, км/ч	110
Контрольный расход топлива при 4 скорости 60 км/ч, л/100 км	
Двигатель	ММЗ «Д-245.7»
Рабочий объем цилиндров, л	4,75
Максимальная мощность, кВт (л. с)	87,5(119)
Максимальный крутящий момент, Н м	413

Оценка динамических и экономических качеств автомобиля

Для оценки динамических качеств автомобиля необходимо замерить следующие показатели: максимальную и минимальную скорости; путь, время и интенсивность разгона; путь и время свободного качения (накат) автомобиля; путь, время и интенсивность торможения; исходные данные, необходимые для построения экономической характеристики.

1 Определение максимальной и минимальной скорости автомобиля

Максимальную скорость автомобиля определяют при установившемся движении на ровном горизонтальном участке в сухую безветренную погоду.

Автомобиль испытывают на прямой передаче с установленной для него номинальной весовой нагрузкой, а в отдельных случаях при движении «порожняком». Для исключения влияния ветра и небольших уклонов дороги автомобиль движется по мерному участку длиной 1 км в двух противоположных направлениях.

Искомая максимальная скорость V_{max} , км/ч:

$$V_{max} = 3,6 \frac{l}{t}, \quad (19)$$

где l - длина мерного участка, м; t - среднее значение времени при прохождении мерного участка в прямом и обратном направлениях, с.

Минимальную устойчивую скорость определяют на прямой передаче. Значение ее устанавливают в процессе нескольких пробных заездов на участках длиной по 100 м, расположенных один за другим на расстоянии 200-300 м. От заезда к заезду скорость снижают, пока не выявится, что двигатель глохнет и дальнейшее прохождение мерных участков невозможно. Опыты повторяют в обратном направлении.

Искомая минимальная скорость V_{min} :

$$V_{\min} = 3,6 \frac{l}{t}. \quad (20)$$

Контролируют максимальную и минимальную скорости автомобиля по спидометру.

Полученные результаты замеров и расчетные данные вносят в протокол испытаний.

2 Испытание на разгон

2.1 Методика испытаний

Перед началом испытаний водитель устанавливает минимальную устойчивую скорость автомобиля на прямой передаче.

Затем резко нажимает на педаль управления подачей топлива до упора и одновременно включает секундомер, наблюдая за показанием спидометра фиксирует время, в течении которого скорость увеличивается до величины, близкой к максимальной. Время при разгоне фиксируется на интервалах увеличения скорости на 10 км/ч.

Испытание проводится не менее 3-х раз в противоположных направлениях.

Замеры заносят в протокол испытаний на разгон – таблица 11. По результатам расчетов строят графики времени и пути разгона (рисунок 7).

Таблица 11 – Разгон автомобиля

№№ опытов, направление движения	Время	Изменение скорости, км/ч					
		0...10	10... 20	20...30	30...40	40...50	50...60
1 прямо	<i>По нарастающей (за все испытание) t_n, с</i>						
	<i>На интервал (10 км/ч) t_1, с</i>						
1 обратно	t_n , с						
	t_2 , с						
Среднее	$t_{\text{н\delta}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$, с						

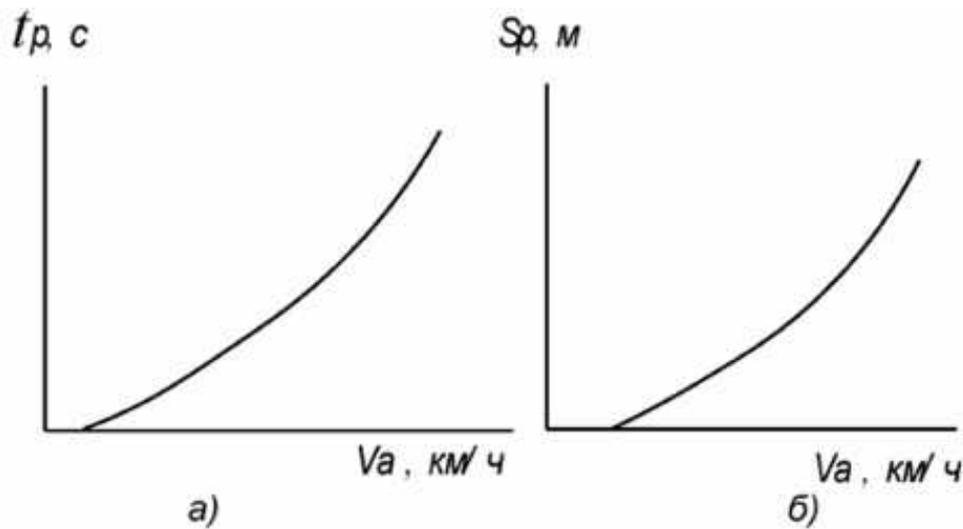


Рисунок 7 - График времени (а) и пути (б) разгона

2.2 Обработка результатов испытаний на разгон

Приращение пути (ΔS_i) и средняя скорость (V_i) при каждом опыте

$$\Delta S_i = \frac{V_i \cdot \Delta t_i}{3,6} \quad (21)$$

$$\bar{V}_i = \frac{V_n + V_{n-1}}{2} \quad (22)$$

где V_n, V_{n-1} , - скорость автомобиля в начале (n-1) и конце (n) i-го замера, км/ч.

Среднее время прохождения мерного участка длиной (l) или среднее время разгона (t_p) от начальной скорости до конечной определяется из соотношения:

$$\bar{t}_p = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}, c \quad (23)$$

где t_i - время i-го замера, с; n - число замеров.

Средняя величина пути (S_p), проходимого автомобилем при разгоне:

$$\bar{S}_p = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{n}, м \quad (24)$$

где S_i - путь, проходимый автомобилем при i-ом замере при разгоне автомобиля с минимально устойчивой (начальной) скорости до величины, близкой к максимальной (конечной скорости), м.

Средняя величина ускорения автомобиля:

$$\bar{j} = \frac{V_k - V_n}{3,6 \cdot t_p}, м / с \quad (25)$$

Расчетные данные вносят в протокол испытаний на разгон и по ним строят графики времени и пути разгона автомобиля (рисунок 7).

Таблица 12 – Результаты испытания автомобиля при разгоне

Интервал скорости, км/ч	Средняя скорость $V_{ср}$, км/ч	$t_{ср}$, с	Средняя величина пути (S_p), м	Ускорение j , м/с ²
0...10	5			
10... 20	15			
20...30	25			
30...40	35			
40...50	45			
50...60	55			

3 Испытание на накат

3.1 Методика испытаний

Перед началом испытаний, в зависимости от состояния дорожного полотна, водитель устанавливает скорость, близкую к максимальной (по спидометру) и контролирует ее по времени прохождения автомобилем мерного участка дороги длиной 200...300 м.

Затем быстро устанавливает рычаг переключения передач в нейтральное положение и одновременно включает секундомер. При этом время замеряется при каждом снижении скорости на 10 км/ч.

Выключают секундомер при полной остановке автомобиля. Испытание проводится не менее двух раз в обоих направлениях. Время и путь наката замеряют при двух начальных скоростях, максимально возможных для данного автомобиля (не менее 50 км/ч).

Замеры заносят в протокол испытаний на накат (таблица 13). По результатам расчетов строят график времени и пути движения накатом.

Таблица 13 – Движение автомобиля накатом

№№ опытов направление движения		Изменение скорости км/ч			
		от 80 до 70	от 60 до 50	от 40 до 30	от 20 до 10
1 прямо	Показания секундомера нарастающим итогом t_n , с				
	Время уменьшения скорости на 10 км/ч t_1 , с				
1 обратно	t_n , нарастание, с				
	t_2 , с				
Среднее	$t_{\bar{n}\bar{o}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$				

Обработка результатов испытаний на накат аналогична разгону.

Таблица 14 –Результаты испытания автомобиля при движении накатом

Интервал скорости, км/ч	Средняя скорость, км/ч	Время, t_{cp} , с	Средняя величина пути (S_p), м	Замедление, м/с ²
80...70	75			
60...50	55			
40...30	35			
20...10	15			
10...0	5			

4 Испытание на топливную экономичность

Целью испытаний является оценка топливной экономичности автомобиля, проверка технического состояния системы питания, построение экономической характеристики автомобиля, оценка влияния режимов движения автомобиля на изменение его топливной экономичности.

Общие требования по выполнению испытаний

Испытуемый автомобиль должен быть технически исправным, укомплектованным и заправленным топливо-смазочными материалами в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Если автомобиль новый (или после капитального ремонта), то двигатель и агрегаты трансмиссии должны пройти обкатку в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя и иметь пробег (включая обкатку) не менее 3000 км.

Шины не должны иметь повреждений, а износ протекторов не должен превышать 50%. Давление в шинах должно соответствовать величинам, указанным в инструкции по эксплуатации.

При испытаниях весовая нагрузка автомобиля должна соответствовать полной массе (собственная масса автомобиля и масса груза). В качестве груза следует применять не гигроскопичный балласт, а натуральные грузы (для грузовых автомобилей), а также манекены и мешки с сыпучим наполнителем (для легковых автомобилей и автобусов). Массу водителя, испытателя, оборудования и креплений необходимо включать в массу груза.

Средства измерений для дорожных испытаний должны быть компактными, простыми в установке и использовании, вибростойкими, обеспечивать необходимую пропускную способность топлива и требуемую точность измерений при температуре воздуха от минус 40 °С до плюс 40 °С на всех режимах движения автомобиля, включая максимальную скорость, и не должны оказывать влияние на сопротивление движению автомобиля.

Погрешность средств измерений не должна превышать следующих значений:

Расход топлива

1 %

Путь и время	0,5 %
Скорость автомобиля	1 %
Частота вращения коленчатого вала двигателя	1 %
Скорость ветра	0,5 м/с
Температура воздуха, топлива, охлаждающей жидкости, масла	1°С
Атмосферное давление	2,6 кПа (2 мм рт. ст.)
Относительная влажность воздуха	7 %
Масса автомобиля	0,3 %

Общие положения и методика испытаний

Общие положения

Под топливной экономичностью подразумевается свойство автомобиля, определяющее расход топлива при движении в различных эксплуатационных условиях и на различных режимах.

Топливная экономичность зависит:

- от экономичности двигателя, оцениваемой удельным расходом топлива;
- от сил сопротивления движению, определяемых конструкцией автомобиля (вес, фактор обтекаемости, инерционные массы и др.);
- от качества дороги.

Сложность явлений, происходящих при движении автомобиля, а также множество внешних разнообразных условий приводят к необходимости экспериментального определения показателей экономичности. Это выполняется либо на стенде с беговыми барабанами, либо в дорожных испытаниях.

Автомобиль работает в различных дорожных условиях, на различных скоростях, с различной нагрузкой, поэтому единого показателя экономичности нет. Обычно экспериментально определяются несколько основных характеристик.

Одним из показателей топливной экономичности автомобиля является – *дорожная экономическая характеристика* (топливная характеристика установившегося движения) – это зависимость расхода топлива от скорости автомобиля при постоянном режиме движения на каждой скорости или путевой расход топлива (в литрах или килограммах) на 100 км пройденного пути.

Измерения проводятся в обоих направлениях на ровном горизонтальном участке дороги с сухим покрытием. Заезды начинаются с максимальной скорости, затем через равные интервалы в 10 км/час для грузовых автомобилей и автобусов и в 20 км/час для легковых автомобилей убавляются вплоть до минимально устойчивой скорости движения. В зависимости от тяговых особенностей автомобиля испытания проводятся либо на высшей передаче, либо на предшествующей ей передаче.

Расход топлива определяется мерными цилиндрами. Скорость контролируется тарированным спидометром. Измеряются время прохождения

мерного участка дороги длиной не менее 1 км и количество израсходованного топлива.

Окончательным результатом является среднеарифметическая величина расхода при заездах в обе стороны, округлённая до 0,1 л/100 км. Измерения могут проводиться для различных нагрузочных состояний автомобиля. По результатам измерений, полученным при заездах в обоих направлениях, строится осреднённая кривая, определяющая дорожную экономическую характеристику – рисунок 8.

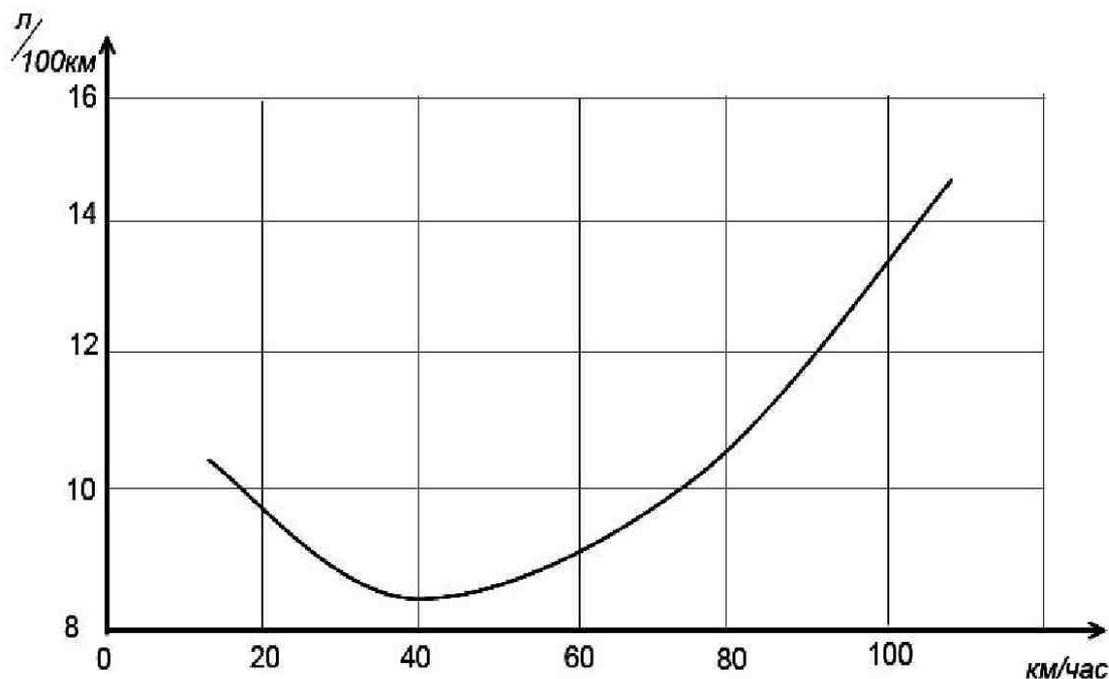


Рисунок 8– Вид дорожной экономической характеристики автомобиля

Перед проведением испытаний по оценке топливной экономичности необходимо проверить отсутствие повышенных сопротивлений движению автомобиля измерением пути выбега со скорости 50 км/ч. Результаты следует оценивать положительно, если измеренный путь выбега не менее указанного в нормативно-технической документации.

Тепловой режим агрегатов и узлов автомобиля должен быть доведен до рабочего состояния пробегом не менее 30 км при скорости движения не менее 2/3 максимальной и последующим двукратным проездом мерного участка с соблюдением режимов испытаний.

Испытательные заезды на измерительном участке следует проводить в противоположных направлениях не менее двух раз в каждом направлении.

Измерение следует повторить, если разница между полученными результатами любых двух заездов превышает 5% большего значения. За результаты измерения следует принимать среднее арифметическое значение зачетных заездов.

Ездовые циклы на дороге необходимо выполнять с учетом следующих требований:

- а) режим разгона с места следует начинать с передачи, используемой при

трогании с места и выполнять при полной подаче топлива;

б) при движении с постоянной скоростью отклонение от заданной скорости не должно превышать ± 1 км/ч;

в) заезды, начинающиеся со скорости, отличной от нуля, должны выполняться на заранее установленной (до начала измерительного участка) скорости;

г) движение с постоянной скоростью следует выполнять на более высокой передаче, на которой минимальная устойчивая скорость не превышает текущую, а частота вращения коленчатого вала двигателя при этой скорости превышает минимальную не менее чем на 200 мин^{-1} . Высшую передачу следует включать при скорости свыше 40 км/ч;

д) разгон в интервалах заданных скоростей следует начинать на одной из наиболее низших передач, на которой номинальная скорость больше начальной скорости разгона не менее чем на 10 км/ч;

е) режим замедления при торможении двигателем в заданном интервале скоростью и на заданном пути необходимо выполнять при отпущенной педали подачи топлива (принудительный холостой ход) на включенной передаче. Если заданная скорость достигается на меньшем участке пути, необходимо продолжать движение с этой скоростью; если же она не может быть достигнута (снижена) на заданном участке пути, то нужно применять служебное торможение;

ж) служебное торможение необходимо выполнять на заданном участке пути (длина пути определена из расчета среднего замедления 1 м/с^2) при включенной передаче с применением рабочих тормозов. При торможении автомобиля до полной остановки передачу следует выключить при достижении минимальной скорости на данной передаче.

Методика испытаний

Контрольный расход топлива автомобилем определяется на следующих скоростях:

а) 40 и 60 км/ч - для городских автобусов и полноприводных автомобилей с полной массой свыше 3,5 т;

б) 60 и 80 км/ч - для грузовых автомобилей, грузопассажирских автобусов специального назначения, междугородних и дальнего следования, автопоездов с полной массой более 3,5 т;

в) 90 и 120 км/ч - для легковых автомобилей, автобусов и грузовых автомобилей с полной массой до 3,5 т.

Экономическая характеристика строится для условий равномерного прямолинейного движения автомобиля при разных установившихся скоростях на прямой передаче с полной весовой нагрузкой.

Заезды при каждой скорости проводят на мерном участке протяженностью 1 км в двух противоположных направлениях. Снятие характеристики начинают с максимальной скорости движения автомобиля и заканчивают на минимальной устойчивой скорости, последовательно снижая скорость через интервалы 20 км/ч для легковых и 10 км/ч для грузовых автомобилей и

автобусов. Требуемую скорость в заезде устанавливают и поддерживают осторожным воздействием на педаль подачи топлива. В каждом опыте измеряют время прохождения мерного участка и количество израсходованного топлива. Результат замеров вносят в протокол испытаний.

Строим график, приведенный на рисунке 8.

Таблица 15 – Расход топлива на 100 км

Показатель	Скорость движения автомобиля, км/ч			
	30	40	50	60
Расход топлива на 100 км Q_s , л/100 км				

Самостоятельная работа:

1. Построить топливно-экономическую характеристику автомобиля ГАЗ-3309 приближенным расчетным способом.

Расчетный способ построения топливно-экономической характеристики автомобиля.

В соответствии с этим способом удельный эффективный расход топлива определяется по формуле:

$$g_e = g_N k_\omega k_{II}$$

где g_N — удельный эффективный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/(кВт·ч); k_ω — коэффициент изменения удельного эффективного расхода топлива в зависимости от угловой скорости коленчатого вала двигателя; k_{II} — коэффициент изменения удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя.

Удельный эффективный расход топлива при максимальной мощности для бензиновых двигателей составляет 300...340 г/(кВт·ч), а для дизелей — 220...260 г/(кВт·ч).

Коэффициент k_ω определяется в зависимости от отношения ω_e/ω_N угловых скоростей коленчатого вала двигателя при текущем и максимальном значениях мощности (таблица 16):

Таблица 16 – Коэффициент k_ω

ω_e/ω_N	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
k_ω	1,15	1,09	1,04	1,02	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04

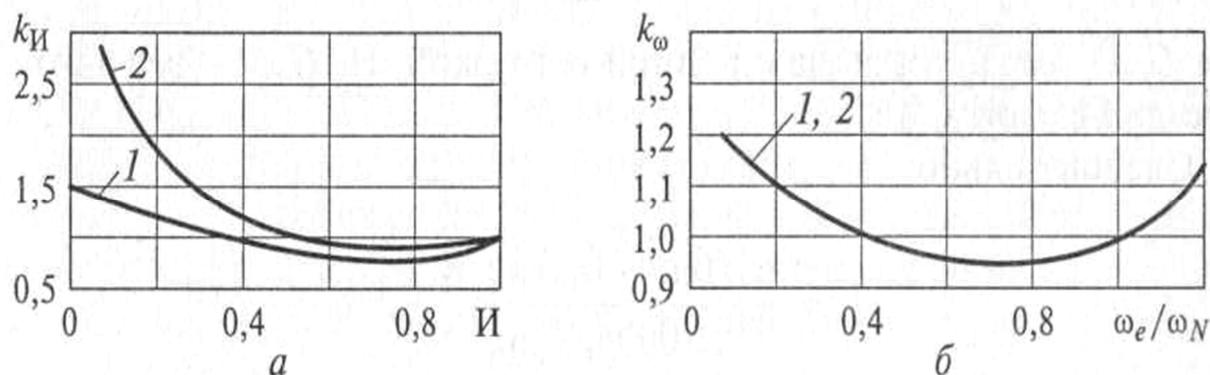
Коэффициент k_{II} определяется в зависимости от степени использования мощности двигателя И (таблица 17):

Таблица 17 – Коэффициент $k_{И}$

И, %		20	30	40	50	60	70	80	90	100
$k_{И}$	(бензиновый)	2,11	1,67	1,33	1,22	1,11	1,06	1,00	1,06	1,11
$k_{И}$	(дизель)	1,56	1,38	1,25	1,12	1,09	1,06	1,00	1,06	1,25

Коэффициенты k_{ω} и $k_{И}$ могут быть также найдены по специальным графикам, представленным на рисунке 9.

Расчет и построение топливно-экономической характеристики выполняют в такой последовательности:



Рисунке 9 - Графики для определения коэффициентов $k_{И}$ (а) и k_{ω} (б): 1 — дизели; 2 — бензиновые двигатели

- задают коэффициент сопротивления дороги ψ ;
- выбирают пять-шесть значений угловой скорости коленчатого вала двигателя ω_e в диапазоне от ω_{\min} до ω_{\max} ;
- для выбранных значений ω_e определяют отношения ω_e / ω_N (значение ω_N известно) и по полученным отношениям находят значения k_{ω} ;
- для выбранных значений ω_e определяют соответствующие скорости движения автомобиля V и для этих скоростей по заданному коэффициенту сопротивления дороги ψ находят мощности, затрачиваемые на преодоление сопротивления дороги N_D и воздуха N_B ;
- по внешней скоростной характеристике двигателя для выбранных значений ω_e определяют эффективную мощность двигателя N_e или для соответствующих скоростей движения по графику мощностного баланса находят значения тяговой мощности N_T на ведущих колесах;
- по известным значениям мощностей $N_D + N_B$ и N_e (или N_T) для каждого значения ω_e (или V) определяют степень использования мощности двигателя $И$ и по полученным значениям находят $k_{И}$;
- по найденным значениям коэффициентов k_{ω} и $k_{И}$ определяют удельный эффективный расход топлива g_e ;
- по полученным значениям g_e находят путевой расход топлива $q_{п}$ для дороги с заданным коэффициентом сопротивления ψ , для чего используют уравнение расхода топлива при равномерном движении автомобиля.

Повторив указанные выше расчеты для других коэффициентов сопротивления дороги ψ , строят топливно-экономическую характеристику автомобиля.

Лабораторная работа 11

ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Дорожные испытания автомобиля с целью определения эффективности тормозного управления.

Цель работы: Определить показатели эффективности тормозного управления и устойчивости движения автомобиля при торможении и сделать оценку состояния тормозной системы в соответствии с ГОСТ Р 51709-2001

Общие требования к проведению испытаний

Для оценки тормозных свойств автомобилей используют следующие показатели: путь, проходимый автомобилем от момента нажатия на педаль тормоза до полной остановки, замедление при торможении и время срабатывания тормозов. При специальных испытаниях дополнительно определяется величина тормозной силы на колесах.

В целях идентичности проведения испытаний и обеспечения сопоставимости полученных результатов, условия и методы регламентируются нормативными документами.

Методы определения эффективности рабочей тормозной системы

В соответствии с требованиями стандартов испытания в зависимости от условий движения, торможения автомобиля и, соответственно, теплового состояния тормозных механизмов, подразделяют на три типа: испытание «ноль», испытание 1 и испытание 2.

Испытание типа «ноль» проводится с целью определения эффективности тормозной системы и ее отдельных контуров при «холодных» тормозных механизмах (холодными принято считать тормозные механизмы, у которых температура на наружных поверхностях тормозных барабанов или дисков находится в пределах 50...100 °С).

Испытание 1 проводят для определения эффективности тормозной системы автомобиля при нагретых тормозных механизмах. Нагрев тормозных механизмов производят путем последовательных торможений. По окончании процесса нагрева выполняются два контрольных (зачетных) торможения по типу «ноль» с интервалом между ними не более 60 с. Испытание 1, для получения достоверных данных, целесообразно проводить не менее двух раз с интервалом, достаточным для охлаждения тормозов (перед последующим

нагревом).

Испытание 2 предназначается для определения эффективности рабочей тормозной системы при движении на затяжных спусках. В процессе предварительного этапа испытания 2 нагревают тормозные механизмы, а затем производят контрольное торможение по методике «ноль». Тормозные механизмы нагревают способом непрерывного торможения при скорости 30 км/ч на спуске крутизной 6% и протяженностью 6 км, либо буксированием заторможенного автомобиля тягачом со скоростью $40 \pm 1,5$ км/ч на спуске протяженностью 1,7 км и уклоном 7 %.

Методика испытания типа «ноль»

Перед началом испытаний (контролируется по времени прохождения автомобилем мерного отрезка длиной 200-300 м) водитель по протарированному спидометру или по показаниям автомобильного ИРК устанавливает начальную скорость, равную 40 км/ч.

Чтобы обеспечить начало торможения точно на требуемой скорости, необходимо вначале превысить ее на 3...5 км/ч, затем, сняв ногу с педали акселератора, ожидать снижения скорости до нужного значения. В этот момент быстро и с максимальным усилием (например, для автомобилей ГАЗ усилие составляет 700 Н) нажать на педаль тормоза, сохраняя это усилие постоянно до полной остановки автомобиля. Затем, выключив двигатель, ставят автомобиль на ручной тормоз в конце тормозного следа. В момент нажатия на педаль тормоза испытатель включает ручной секундомер (или электронный, вмонтированный в корпус ИРК). При полной остановке автомобиля секундомер выключают.

Испытание проводится не менее двух раз в обоих направлениях.

Длина тормозного пути (следа скольжения) измеряется от вертикальной центральной линии ведущего колеса остановившегося автомобиля до точки начала торможения, которая определяется с помощью пистолета-отметчика или визуально наблюдателем, расположенным сбоку от автомобиля в месте ожидаемого начала торможения. С момента начала торможения для определения точки, в которой колесо заблокировалось, на боковую поверхность шины предварительно перед испытанием мелом наносится метка, по которой фиксируется прекращение вращения колеса. Длину тормозного следа замеряют рулеткой или используют соответствующие показания ИРК. Полученные результаты (время и путь) заносят в протокол испытаний автомобиля на торможение.

Таблица 18 – Результаты испытания автомобиля при торможении

Скорость V_H , км/ч	Время торможения t , с	Путь торможения S_T , м
30	1,3	4,5

По результатам испытаний оценивают тормозные свойства проверяемого автомобиля, сравнивают их с нормативными, и делают вывод об исправности испытуемой тормозной системы.

Оборудование и приборы:

- Автомобиль ГАЗ-3309
- Измеритель эффективности тормозных систем "Эффект".

Ознакомление с назначением и устройством прибора

Прибор предназначен для проверки технического состояния основных тормозных систем транспортных средств (ТС) методом дорожных испытаний по ГОСТ 51709-2001. Прибор определяет, в соответствии с ГОСТ установившееся замедление $J_{уст}$, пиковое значение усилия нажатия на педаль $P_{пм}$, длину тормозного пути S_t , время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, начальную скорость торможения V_0 и линейное отклонение ТС при торможении. Прибор также производит перерасчет нормы тормозного пути S_t к реальной начальной скорости торможения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРА

Диапазон контролируемых параметров	
установившееся замедление $J_{уст}$ м/с ²	0-9,5
усилие нажатия на педаль $P_{пм}$, кГс	10-100
тормозной путь S_t , м	0-50
начальная скорость торможения V_0 , км/ч	20-50
пересчитанная норма тормозного пути S_t^* , м	0-50
время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, с	0-3
линейное отклонение при торможении, м	0-5
Напряжение питания, В	12+2
Потребляемая мощность, Вт, не более	2
Габаритные размеры прибора, мм	
электронный блок	205x75x50
датчик усилия	135x95x70
Масса прибора, кг	
электронный блок	0,3
датчик усилия	0,5
Диапазон рабочих температур, °С	от+10до +40
Средний срок службы	6 лет

В приборе предусмотрено:

- вывод результатов измерений на печатающее устройство;
- подключение компьютера типа NOTEBOOK и передача информации в процессе торможения (усилие нажатия на педаль, линейное отклонение, замедление) по каналу связи RS 232.

3 Порядок выполнение работ

3.1.1 Работу с прибором осуществляет один оператор.

3.1.2 Включить прибор кнопкой "ВКЛ". Включить принтер. На индикаторе прибора появиться надпись:

"НАГРЕВ".

В течении некоторого времени (не более 5 минут) прибор производит термостабилизацию входящих в его состав узлов.

3.1.3 Затем на индикаторе появляется сообщение:

"НОМЕР ТС"

Ввести трехзначный номер ТС. Набор номера начинается со старшей цифры кнопкой "ВЫБОР". Выбрать значение старшей цифры. Нажать кнопку "ВВОД" и т.д.

3.2.1. На индикаторе прибора появляется сообщение:

ХАРАК-КА ТС

Нажатием кнопки "ВЫБОР" выбрать категорию ТС, соответствующую проверяемому транспортному средству в соответствии с ГОСТ Р 51709 - 2001.

3.2.2. Нажать кнопку "ВВОД". Выбранная категория ТС будет введена в память прибора.

На индикаторе добавится надпись: "ОД" - одиночное ТС.

Кнопкой "ВЫБОР" можно изменить тип ТС на "АП"-автопоезд.

3.2.5. Выбрать кнопкой "ВЫБОР" тип ТС, соответствующий проверяемому ТС.

Подтвердить свой выбор нажатием кнопки "ВВОД".

3.2.6. На индикаторе добавится сообщение: "СН" - в снаряженном состоянии.

3.2.7. Кнопкой "ВЫБОР" можно изменить характеристику ТС на "ПМ" - полной массы.

3.2.8. Выбрать кнопкой "ВЫБОР" характеристику ТС, соответствующую проверяемому ТС. Подтвердить свой выбор нажатием кнопки "ВВОД".

3.2.9. На индикаторе добавится сообщение: ">81"

3.2.10. Кнопкой "ВЫБОР" выбрать год изготовления ТС в соответствии с сообщениями на индикаторе:

">81" – год изготовления после 1.01.81 г.

"<81" – год изготовления до 1.01.81 г..

3.2.11. Подтвердить свой выбор нажатием кнопки "ВВОД"

ПРИМЕЧАНИЕ: Вернуться к предыдущему пункту режима настройки, можно нажав кнопку "ОТМЕНА".

3.3. На индикаторе появится надпись: "РАБОТА" Этот режим включает в себя:

-основной режим работы (работа по проверке ТС)

-режим проверки работоспособности датчиков замедления, линейного отклонения и датчика усилия.

Если нажать кнопку "ВЫБОР", прибор входит в режим индикации показаний датчиков:

Л - датчик замедления J2 - датчик линейного сохранения F - датчик усилия
Кнопкой "ОТМЕНА" можно выйти из режима проверки датчиков.

3.4 Основной режим работы

Когда на индикаторе сообщение "РАБОТА", нажать кнопку "ВВОД". Появится одно из трех сообщений: "НАКЛОН НАЗАД", "НАКЛОН В НОРМЕ", "НАКЛОН ВПЕРЕД". Для нормальной установки прибора необходимо, изменяя его положение, добиться на индикаторе сообщения "НАКЛОН В НОРМЕ". После появления этого сообщения прозвучит звуковой сигнал. Нажать кнопку "ВВОД". Затем водитель производит разгон ТС до скорости 40 км/час и тормозит, причем торможение должно осуществляться в режиме экстренного полного торможения при однократном воздействии на орган управления. В процессе торможения не допускается корректировка траектории движения ТС, если этого не требует обеспечение безопасности испытаний. Торможение производится с отсоединенным от трансмиссии двигателем, а также отключенных приводах дополнительных ведущих мостов и разблокированных трансмиссионных дифференциалах, если это предусмотрено конструкцией ТС. После полной остановки автомобиля снять воздействие на педаль тормоза.

3.5. На индикаторе появится сообщение: "РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ТС"

Нажать кнопку "ВВОД".

На индикаторе появится сообщение: "ХАРАКТЕРИСТИКА ТС"

В нижней строке будут значения, соответствующие проверяемому ТС, введенные в режиме настройки исходных данных.

3.5.3. Нажать кнопку "ВВОД", На индикаторе появится надпись: НОМЕР ТС XXX где XXX - номер ТС, введенный перед началом измерения.

3.5.4. На индикаторе появятся значения: S_i - измеренное значение длины тормозного пути S_n - пересчитанная норма тормозного пути.

Нажать кнопку "ВВОД".

На индикаторе появятся значения: J - установившееся замедление V_0 - начальная скорость торможения

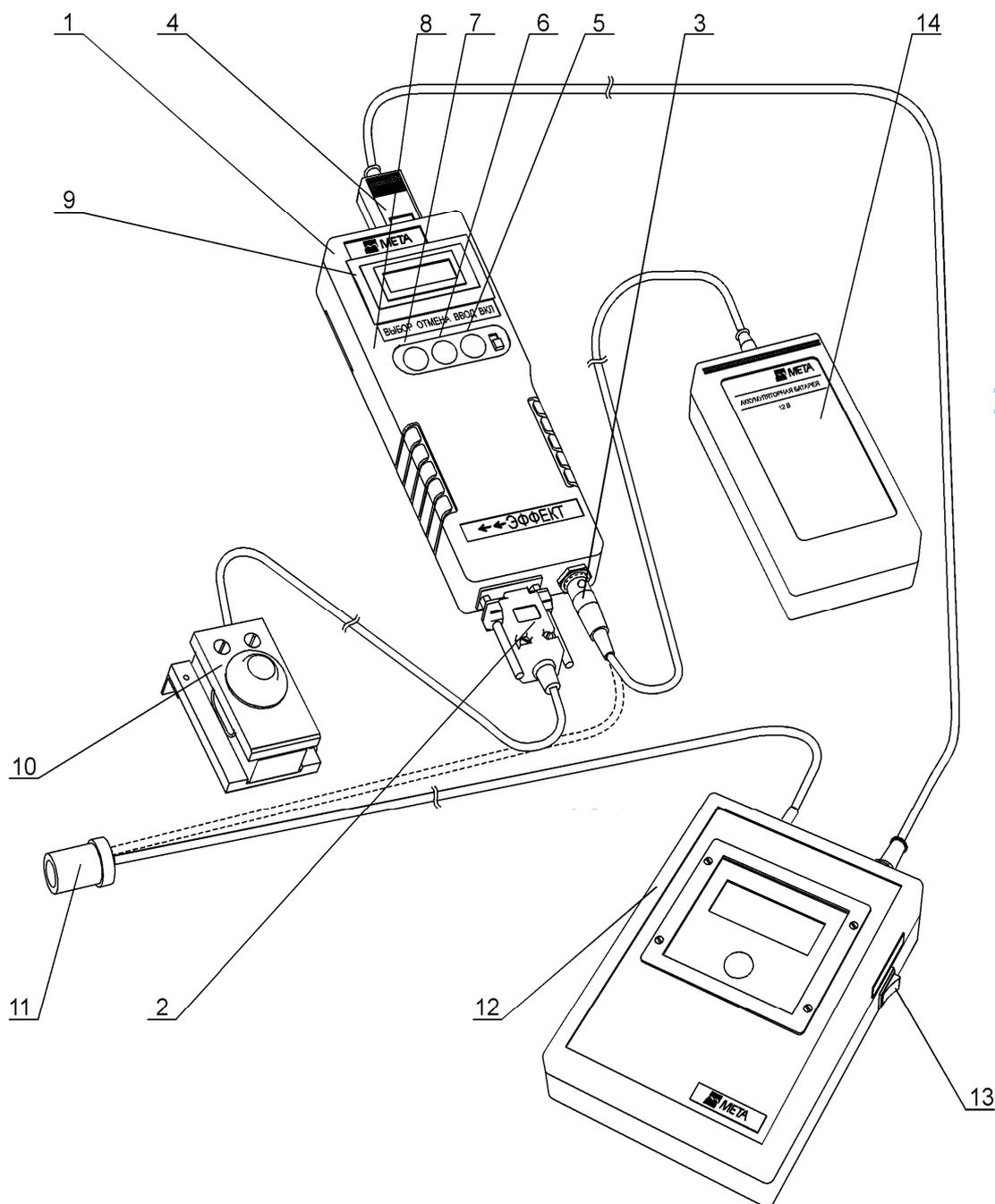
Нажать кнопку "ВВОД".

На индикаторе появятся значения: t - время срабатывания тормозной системы, F - усилие нажатия на педаль

Нажать кнопку "ВВОД".

На индикаторе появится значение линейного отклонения.

Кнопкой "ОТМЕНА" можно вернуться к индикации предыдущих параметров.



1-Электронный блок; 2-Разъем кабеля датчика силы; 3-Разъем кабеля питания; 4- Разъем кабеля принтера; 5-Тумблер включения питания ВКЛ; 6-Кнопка ВВОД; 7- Кнопка ОТМЕНА; 8-Кнопка ВЫБОР; 9-Индикатор; 10-Датчик силы; 11-Разъем для подключения к гнезду прикуривателя; 12-Принтер; 13-Тумблер включения принтера; 14-Блок питания.

Рисунок 10– Внешний вид прибора модификации «Эффект-02»

3.5.12. Для распечатки протокола измерений нажать на кнопку "ВВОД". На индикаторе появится сообщение: "ВЫВЕСТИ ПРОТОКОЛ? "

При положительном ответе нажать кнопку "ВВОД". При отрицательном ответе нажать кнопку "ОТМЕНА". На индикаторе появляется сообщение: "РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ТС". Нажатием кнопки "ВВОД" можно повторить

просмотр результатов. При нажатии кнопки "ОТМЕНА" прибор переходит в режим "РАБОТА".

"Примечание. П.3.5.12. будет выполняться, если к прибору подключено печатающее устройство.

3.5.13. Текущие значения показания датчиков замедления, усилия нажатия на педаль, ускорения, линейного отклонения во время торможения, а также результаты измерения можно передать и сохранить в виде файла в компьютере, подключив его к прибору через разъем 4 для подключения принтера. В дальнейшем их можно просмотреть и обработать.

Результаты измерений могут быть представлены в цифровом или графическом виде, наглядно показывающем динамику изменения замедления, усилия нажатия на педаль и линейное отклонение в процессе торможения ТС. Для реализации этой возможности необходимо получить дополнительную информацию на дискете у завода-изготовителя или в сервисных центрах НПФ "МЕТА".

Таблица 19 - Сводная таблица испытаний:

№ опыта	$S_i, м$	$S_n, м$	$J_n, м / с^2$	$V_0, км / ч$	$t, с$	$F, кгс$	Мин. откл., м
1							
2							
3							
4							
Среднее значение							
Требования по ГОСТ Р 51709-2001	≤ 15.8	–	≥ 5.8	40	≤ 0.6	≥ 49.9	≤ 3

При использовании прибора в технической сети диагностического контроля результаты измерений передаются в базу данных компьютера, например:

Номер ТС – 093
 Характеристика ТС – N1
 Категория ТС – ОД
 Полная масса – 1370 кг

Вывод: Тормозная система испытываемого автомобиля ГАЗ-3309 соответствует ГОСТ Р 51709-2001 по всем параметрам (или не соответствует):

- тормозной путь – $6,65 \leq 15,8$;
- установившееся замедление $8,61 \geq 5,8$;
- время срабатывания тормозной системы $0,29 \leq 0,6$;
- удельная тормозная сила $47 \geq 49,9$.

Самостоятельная работа:

1. Сделать краткий конспект "ГОСТ Р 51709-2001. Государственный стандарт Российской Федерации. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки" (утв. Постановлением Госстандарта России от 01.02.2001 N 47-ст) (ред. от 28.03.2006)

ЛИТЕРАТУРА

1. Спинов А.Р. Учебные дорожные испытания автомобиля: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория наземных транспортно-технологических средств» / А.Р. Спинов, С.Р. Кристальный, В. Попов. – М.: МАДИ, 2015. – 48 с.
2. Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов: учебно-методическое пособие для практических занятий / Сост. Н.И. Финченко, А.В. Давыдов, Д.В. Халтурин. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 170 с.
3. Беляев В.П. Испытания автомобилей: учебное пособие. / В.П. Беляев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 293 с.
4. Уханов Д. А. Тракторы и автомобили. Испытания в стендовых и эксплуатационных условиях: лабораторный практикум / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, М. В. Рыблов. - Пенза: РИО ПГСХА, 2013. - 93 с., рис. 23, табл. 4, библи. 32.
5. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. – 4-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 240 с.
6. Цимбалин В.Б и др. Испытания автомобилей. М.: «Машиностроение», 1978. – 199 с. с ил.
7. Чернышев В.А. Тягово-динамический и топливно-экономический расчет автомобиля: Методические рекомендации по выполнению курсовой работы. – М.: МГАУ, 2002. – 39 с.
8. Гладов Г.И. Оценочные показатели и расчет маневренности полуприцепного автопоезда: учеб. пособие / Г.И. Гладов, Л.В. Демидов. – М.: МАДИ, 2016. – 124 с.
9. ГОСТ Р 8.736-2001. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2013.–20 с.
10. Правила ЕЭК ООН № 13-09. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. – Введены 1996-06-28. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 112 с.
11. РД 37.052.207-89 Методика определения координат центра масс легкового автомобиля – Дмитров: 1989. – 18 с.
12. ГОСТ 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М.: ИПК «Стандартинформ», 2013. – 51 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Kazan State Agrarian University